



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica

**Análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y
los equipos GNSS/GPS utilizados en el inventario vial de
rutas vecinales de la provincia de Cusco**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Geógrafa

AUTOR

Gabriela Lizeth PAJUELO ZAVALA

ASESOR

Ing. Luis Alberto HUAMÁN AMASIFUEN

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Pajuelo, G. (2021). *Análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS utilizados en el inventario vial de rutas vecinales de la provincia de Cusco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Hoja de metadatos complementarios

| | |
|---|---|
| Código ORCID del autor | “—” |
| DNI o pasaporte del autor | 47496311 |
| Código ORCID del asesor | https://orcid.org/0000-0003-0834-3860 |
| DNI o pasaporte del asesor | 43322204 |
| Grupo de investigación | “—” |
| Agencia financiadora | Autofinanciado |
| Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación | <p>Distritos Cusco y Poroy, Provincia Cusco, Departamento Cusco.</p> <p>Norte: Latitud Sur 13°28'1.14"</p> <p>Este: Longitud Oeste 71°55'54.23"</p> <p>Sur: Latitud Sur 13°31'54.10"</p> <p>Oeste: Longitud Oeste 72° 2'52.18"</p> |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | 2018-2020 |
| Disciplinas OCDE | <p>Geociencias, Multidisciplinar https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.00</p> <p>Ingeniería del transporte https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p> |



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓGRAFO

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el día sábado 27 de marzo del año 2021, siendo las 10:00 horas, en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Ing. JOSÉ ANTONIO SANDOVAL CASAS

Presidente

Ing. JOSÉ LUIS QUISPE VILCHEZ

Miembro

Ing. ROLANDO YARIHUAMAN AGUILAR

Miembro

Reunidos en Acto Académico Público de Sustentación de la Tesis titulada: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE MAPEO MÓVIL INERCIAL Y LOS EQUIPOS GNSS/GPS UTILIZADOS EN EL INVENTARIO VIAL DE RUTAS VECINALES DE LA PROVINCIA DE CUSCO”** Presentada por la Bachiller **GABRIELA LIZETH PAJUELO ZAVALA**, para optar el Título Profesional de Ingeniera Geógrafa.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon a la Bachiller las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a:

SATISFACCIÓN

Concluida la sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue:

QUINCE (15), APROBADA

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA GEÓGRAFA, a Doña GABRIELA LIZETH PAJUELO ZAVALA.

Siendo las.....**11:48**..... horas, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Lima, 27 de marzo del 2021

JOSE ANTONIO SANDOVAL CASAS
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP. N° 59153

Ing. JOSÉ ANTONIO SANDOVAL CASAS
PRESIDENTE

Ing. JOSÉ LUIS QUISPE VILCHEZ
MIEMBRO

Ing. ROLANDO YARIHUAMAN AGUILAR
MIEMBRO

Ing. LUIS ALBERTO HUAMÁN AMASIFUEN
ASESOR DE TESIS

Dedicatoria

A mi madre Amanda Zavala.

Mi padre Rubén Pajuelo.

Y mi hermano Anthony.

*En memoria del profesor Julio Gutiérrez Vera, por del gran aporte, enseñanzas,
consejos y esfuerzo dedicado a la E.P. Ingeniería Geográfica.*

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por ser mi alma mater y permitirme estudiar en las aulas de la Escuela de Ingeniería Geográfica, donde pasé 5 años de mi vida, formándome en conocimientos y enseñanzas que son la base de mi vida profesional.

A los profesores que se dieron un espacio en su tiempo para compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi preparación profesional, en especial a mi asesor el Ingeniero Luis Huamán Amasifuen, quien con su experiencia me ayudo a culminar esta investigación.

A las empresas y entidades que me acogieron para formar parte de su personal y de esta manera adquirir y aplicar conocimientos, brindando soluciones y seguir formándome en la carrera profesional de Ingeniería Geográfica.

A mis padres Rubén Pajuelo, Amanda Zavala y hermano Anthony por estar presentes en mi formación y educación, brindándome apoyo moral, confianza en cumplir mis sueños y metas.

Al Ing. Christian Pérez Gómez y el Ing. Juan Miguel Huamán Yopla, mi hermano Anthony Pajuelo; quienes me orientaron en el desarrollo de este proyecto, con técnicas, pautas y conocimientos.

Y a mis amistades que siempre me impulsaron a continuar con esta meta, y seguir creciendo profesionalmente, Fernando Grass, Ing. Marysol Quiroz, Ing. Jennifer Espinoza Espiza, Juan Villena, Silvana, Edgard, Evelyn, Adan.

¡Gracias!

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|-------------|--|----|
| CAPÍTULO I | : INTRODUCCIÓN..... | 15 |
| 1.1. | Identificación y planteamiento del problema..... | 16 |
| 1.2. | Delimitación de la investigación. | 17 |
| 1.3. | Formulación del problema..... | 19 |
| 1.3.1. | Problema General..... | 19 |
| 1.3.2. | Problemas Específicos..... | 19 |
| 1.4. | Justificación de la Investigación. | 20 |
| 1.4.1. | Justificación teórica..... | 20 |
| 1.4.2. | Justificación práctica. | 20 |
| 1.4.3. | Justificación social. | 20 |
| 1.5. | Formulación de objetivos. | 21 |
| 1.5.1. | Objetivo General. | 21 |
| 1.5.2. | Objetivos Específicos..... | 21 |
| 1.6. | Formulación de Hipótesis..... | 22 |
| 1.6.1. | Hipótesis General. | 22 |
| 1.6.2. | Hipótesis Específica..... | 22 |
| 1.7. | Identificación de variables. | 23 |
| 1.7.1. | Variable Independiente. | 23 |
| 1.7.2. | Variable Dependiente. | 23 |
| CAPÍTULO II | : MARCO TEÓRICO. | 24 |
| 2.1. | Antecedentes..... | 24 |
| 2.2. | Bases Teóricas. | 29 |
| 2.2.1. | Normatividad..... | 29 |
| 2.2.2. | Provias Nacional. | 31 |
| 2.2.3. | Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). | 32 |
| 2.2.4. | Clasificador de rutas del Sistema nacional de carreteras. | 35 |
| 2.2.5. | Reglamento de jerarquización vial. | 36 |
| 2.2.6. | Registro Nacional de Carreteras (RENAC). | 40 |
| 2.2.7. | Red Vial de la Provincia de Cusco. | 41 |
| 2.2.8. | Inventario Vial. | 43 |
| 2.3. | Métodos de posicionamiento..... | 44 |
| 2.3.1. | Sistema de Posicionamiento Global (GNSS/GPS). | 44 |
| 2.3.2. | Corrección en tiempo real con señal Omnistar..... | 44 |
| 2.3.3. | Métodos de medición GNSS/GPS | 45 |

| | | |
|---|--|-----|
| 2.3.4. | Mobile Mapping. | 45 |
| 2.4. | Equipos de posicionamiento. | 47 |
| 2.4.1. | Equipo GNSS/GPS Navegador. | 47 |
| 2.4.2. | Equipo GNSS/GPS Submétrico. | 47 |
| 2.4.3. | Equipo de mapeo móvil inercial - Imajbox. | 50 |
| 2.5. | Odómetro digital. | 57 |
| 2.6. | Sistema de Información Geográfica (SIG). | 57 |
| 2.7. | Aproximación gráfica o graficismo: | 58 |
| 2.8. | Escala: | 59 |
| CAPÍTULO III : METODOLOGÍA. | | 60 |
| 3.1. | Tipo de investigación. | 60 |
| 3.2. | Nivel de investigación. | 60 |
| 3.3. | Diseño de investigación. | 60 |
| 3.4. | Enfoque de investigación. | 61 |
| 3.5. | Población y muestra. | 62 |
| 3.6. | Área de estudio. | 64 |
| 3.7. | Estructura de la investigación. | 65 |
| 3.7.1. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 67 |
| 3.7.2. | Datos Crudos. | 77 |
| 3.7.3. | Técnicas de procesamiento, análisis de la base de datos. | 78 |
| 3.8. | Descripción del trabajo de Pre Campo, Campo y Gabinete. | 79 |
| 3.8.1. | Pre Campo (Reconocimiento de rutas): | 80 |
| 3.8.2. | Campo (Relevamiento, medición y Georeferenciación): | 85 |
| 3.8.3. | Gabinete - Post Proceso (Topología, Acondicionamiento y Validación) | 90 |
| CAPÍTULO IV : RESULTADOS Y DISCUSIÓN. | | 98 |
| 4.1. | Problemas detectados en campo y gabinete. | 98 |
| 4.2. | Análisis de resultados. | 100 |
| 4.3. | Prueba de Hipótesis. | 121 |
| 4.3.1. | Hipótesis general. | 121 |
| 4.3.2. | Hipótesis específicas. | 134 |
| 4.4. | Discusión de resultados | 135 |
| CAPÍTULO V : CONCLUSIONES. | | 143 |
| CAPÍTULO VI : RECOMENDACIONES. | | 146 |
| CAPÍTULO VII : REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. | | 148 |
| ANEXOS. | | 152 |

LISTA DE FIGURAS.

| | |
|---|----|
| Figura N° 1: Delimitación | 18 |
| Figura N° 2: Aspectos normativos de gestión de infraestructura vial | 30 |
| Figura N° 3: Organigrama de Provias nacional | 31 |
| Figura N° 4: Competencias del sistema de infraestructura vial..... | 33 |
| Figura N° 5: Red Vial del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC | 38 |
| Figura N° 6: Red Vial Nacional..... | 39 |
| Figura N° 7: GNSS/GPS Navegador | 47 |
| Figura N° 8: GNSS/GPS Submétrico y colector de datos | 48 |
| Figura N° 9: Instalación del equipo GNSS/GPS en el vehículo. | 50 |
| Figura N° 10: Equipo Imajbox | 51 |
| Figura N° 11: Componentes del Equipo de cartografía móvil 3D Imajbox | 51 |
| Figura N° 12: Características del software SIG - Imajview | 54 |
| Figura N° 13: Interfaz de trabajo del software imajview | 54 |
| Figura N° 14: Instalación y Auto calibración del equipo Imajbox | 55 |
| Figura N° 15: Cadena de Herramientas del proceso con Imajbox | 56 |
| Figura N° 16: Graficismo..... | 58 |
| Figura N° 17: Clasificación de la Investigación..... | 61 |
| Figura N° 18: Población y Muestra..... | 62 |
| Figura N° 19: Trocha Carrozable..... | 63 |
| Figura N° 20: Carretera Asfaltada. | 63 |
| Figura N° 21: Ubicación geográfica del departamento de Cusco | 64 |
| Figura N° 22: Diagrama Metodológico de la tesis..... | 66 |
| Figura N° 23: Equipos GNSS/GPS..... | 67 |
| Figura N° 24: Equipo Mapeo Móvil..... | 67 |
| Figura N° 25: Herramientas y Equipos Secundarios..... | 68 |
| Figura N° 26: Elementos geo posicionados en una carretera..... | 70 |
| Figura N° 27: Identificación del punto inicial. | 71 |
| Figura N° 28: Caso de ubicación del punto inicial - Con carretera de empalme. | 71 |
| Figura N° 29: Caso de ubicación del punto inicial – Con punto inicial en el ovalo. | 72 |
| Figura N° 30: Ubicación del eje real y el eje Georeferenciado de una carretera. | 72 |
| Figura N° 31: Radio de curva de las carreteras..... | 73 |
| Figura N° 32: Medidas a tomar en los puentes..... | 75 |
| Figura N° 33: Medidas a tomar en los túneles..... | 75 |
| Figura N° 34: Flujo de las Etapas de Procesamiento de la Información | 78 |

| | |
|--|-----|
| Figura N° 35: Actividades de trabajo. | 79 |
| Figura N° 36: Modelo de Diagrama de Desplazamiento Zonificado..... | 81 |
| Figura N° 37: Modelo de llenado de Hoja de Campo..... | 84 |
| Figura N° 38: Esquema de relevamiento de rutas. | 86 |
| Figura N° 39: Instalación y Auto calibración del equipo de mapeo móvil inercial Imajbox .. | 87 |
| Figura N° 40: Instalación del Odómetro Doppler en el exterior del vehículo | 87 |
| Figura N° 41: Fotografías del Trabajo en campo..... | 89 |
| Figura N° 42: Configuración Software “Pathfinder” | 90 |
| Figura N° 43: Acondicionamiento de los datos Track y Waypoint..... | 92 |
| Figura N° 44: Flujo de herramientas integradas con la aplicación ModelBuilder para data de los GNSS/GPS..... | 93 |
| Figura N° 45: Configuración Software Imajview | 94 |
| Figura N° 46: Relevamiento (Toma de datos) con el software Imajview | 95 |
| Figura N° 47: Propiedades configuradas para la descripción de las rutas | 95 |
| Figura N° 48: Visualización de los datos de los puntos tomados en la plataforma Google Earth Pro..... | 96 |
| Figura N° 49: Flujo de herramientas integradas con la aplicación ModelBuilder para data del Imajbox | 97 |
| Figura N° 50: Pérdida de señal de los equipos..... | 98 |
| Figura N° 51: Vía en estado de abandono. | 99 |
| Figura N° 52: Caminos levantados con los equipos, representados en el Software ArcGIS. | 100 |
| Figura N° 53: Puntos levantados con los equipos, representados en el Software ArcGIS. | 101 |
| Figura N° 54: Datos a utilizar en el software IBM SPSS..... | 131 |
| Figura N° 55: Elección de prueba Wilcoxon en el software IBM SPSS..... | 131 |
| Figura N° 56: Elección de columnas en el software IBM SPSS..... | 132 |
| Figura N° 57: Resultado en el software IBM SPSS. | 132 |

LISTA DE GRÁFICOS.

| | |
|---|-----|
| Gráfico N° 1: Gráfico Orden 1 | 107 |
| Gráfico N° 2: Gráfico Orden 2 | 108 |
| Gráfico N° 3: Gráfico Orden 3 | 108 |
| Gráfico N° 4: Tiempo empleado por cada equipo, en trabajo de campo..... | 110 |
| Gráfico N° 5: Tiempo total empleado en fase campo | 110 |
| Gráfico N° 6: Tiempo empleado por cada equipo y ruta en fase gabinete | 112 |
| Gráfico N° 7: Tiempo empleado en fase gabinete | 112 |
| Gráfico N° 8: Tiempo total por equipo | 113 |
| Gráfico N° 9: Longitud Tiempo por cada equipo..... | 115 |
| Gráfico N° 10: Costos por equipo en la fase campo | 117 |
| Gráfico N° 11: Costos por equipo en la fase gabinete | 119 |
| Gráfico N° 12: Costo total por equipo en la fase campo y gabinete..... | 120 |
| Gráfico N° 13: Gráfico de la Campana de Gauss del equipo GNSS/GPS Navegador | 123 |
| Gráfico N° 14: Gráfico del diagrama de Caja..... | 124 |
| Gráfico N° 15: Gráfico del Histograma | 125 |

LISTA DE TABLAS.

| | |
|--|----|
| Tabla N° 1: Dispositivos legales | 30 |
| Tabla N° 2: El sistema nacional de carreteras – SINAC | 33 |
| Tabla N° 3: Clasificación de las carreteras según su función | 35 |
| Tabla N° 4: Red Vial Nacional, Por el Tipo de Superficie | 39 |
| Tabla N° 5: Red Vial Departamental, Por el Tipo de superficie | 40 |
| Tabla N° 6: Red Vial Vecinal, Por el Tipo de superficie | 40 |
| Tabla N° 7: Red Vial Nacional, Por el Tipo de Superficie, Según Departamento de Cusco | 41 |
| Tabla N° 8: Lista de Rutas Nacionales de la provincia de Cusco | 41 |
| Tabla N° 9: Red Vial Departamental por el Tipo de Superficie, Según Departamento de Cusco..... | 41 |
| Tabla N° 10: Lista de Rutas Departamentales de la provincia de Cusco | 41 |
| Tabla N° 11: Resultados de distribución de número de rutas rurales o vecinales de Cusco | 42 |
| Tabla N° 12: Red Vial Vecinal por el Tipo de Superficie, del departamento de Cusco..... | 42 |

| | |
|---|-----|
| Tabla N° 13: Lista de Rutas Vecinales de la provincia de Cusco | 42 |
| Tabla N° 14: Características del GNSS/GPS Submétrico Controlador Trimble TSC3 | 49 |
| Tabla N° 15: Escalas referenciales para mapas | 59 |
| Tabla N° 16: Relación entre mapa y terreno | 59 |
| Tabla N° 17: Rutas vecinales de los Distritos Cusco y Poroy seleccionadas en la muestra | 62 |
| Tabla N° 18: Rutas rurales o vecinales de la Provincia de Cusco | 64 |
| Tabla N° 19: Características generales de GNSS/GPS..... | 67 |
| Tabla N° 20: Metodología de levantamiento de información para cada Equipo. | 69 |
| Tabla N° 21: intervalos de velocidades del vehículo..... | 73 |
| Tabla N° 22: Metodología de Post Proceso de la data obtenida con cada Equipo. | 77 |
| Tabla N° 23: Clúster con las Rutas a relevar | 80 |
| Tabla N° 24: Matriz de Desplazamiento (Tiempos). | 82 |
| Tabla N° 25: Ficha de Campo | 83 |
| Tabla N° 26: Modo de calibración de los Equipo. | 85 |
| Tabla N° 27: Instrumentos u accesorios complementarios para cada Equipo. | 86 |
| Tabla N° 28: Funciones del Operador del Equipo de Mapeo Móvil Inercial - Imajbox..... | 86 |
| Tabla N° 29: Funciones del personal para el relevamiento con los equipos GNSS/GPS.... | 88 |
| Tabla N° 30: Ficha de campo transcritas al Excel | 91 |
| Tabla N° 31: Comparación de los problemas de captura de datos con los equipos | 98 |
| Tabla N° 32: Coordenadas de puntos en puntos de control – tomados en modo estático con el equipo - Submétrico | 102 |
| Tabla N° 33: Tabla comparativa equipo GNSS/GPS – Navegador y puntos de control | 103 |
| Tabla N° 34: Tabla comparativa equipo GNSS/GPS - Submétrico y puntos de control. ... | 104 |
| Tabla N° 35: Tabla comparativa equipo Mapeo móvil inercial - Imajbox y puntos de control | 105 |
| Tabla N° 36: Tabla comparativa de los equipos de medición | 106 |
| Tabla N° 37: Tabla en porcentaje del Orden de los equipos..... | 107 |
| Tabla N° 38: Tiempo de toma de datos en campo, con el equipo Mapeo Móvil inercial Imajbox | 109 |
| Tabla N° 39: Tiempo de toma de datos en campo con los equipos GNSS/GPS..... | 109 |
| Tabla N° 40: Tiempo empleado en fase gabinete..... | 111 |
| Tabla N° 41: Valores estadísticos de los tiempos..... | 114 |
| Tabla N° 42: Tiempo de trabajo por kilómetro. | 114 |
| Tabla N° 43: Costos de la fase campo, con cada equipo | 116 |
| Tabla N° 44: Costos mostrados en la fase gabinete..... | 118 |
| Tabla N° 45: Muestra con los datos del equipo mapeo móvil inercial Imajbox..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| Tabla N° 46: Valores Estadísticos Descriptivos..... | 122 |
| Tabla N° 47: Tabla de valores para la campana de Gauss..... | 122 |
| Tabla N° 48: Tabla de valores de Cuartiles | 123 |
| Tabla N° 49: Tabla de rangos para valores atípicos | 124 |
| Tabla N° 50: Tabla de test Kolmogorov-Smirnov..... | 126 |
| Tabla N° 51: Tabla para el Cálculo de Ca | 127 |
| Tabla N° 52: Tabla para el Cálculo de K(n) | 128 |
| Tabla N° 53: Tabla para el cálculo de KS-T | 128 |
| Tabla N° 54: Tabla de muestras GNSS/GPS Submétrico y mapeo móvil inercial Imajbox | 130 |
| Tabla N° 55: Relación entre área, escala de trabajo y graficismo..... | 136 |
| Tabla N° 56: Comparación de los tiempos | 137 |
| Tabla N° 57: Comparación de los costos | 138 |
| Tabla N° 58: Comparación de metodología de trabajo con cada equipo | 139 |
| Tabla N° 59: Equipos adecuados según tipo de inventario vial. | 140 |
| Tabla N° 60: Valores de distancia mínima..... | 143 |

LISTA DE ANEXOS.

| | |
|--|-----|
| Anexo N° 1: Matriz de consistencia..... | 152 |
| Anexo N° 2: Mapa de Ubicación (Formato A2)..... | 153 |
| Anexo N° 3: Diagrama de Desplazamiento (Formato A2). | 154 |
| Anexo N° 4: Clúster N° 1 (Formato A3)..... | 155 |
| Anexo N° 5: Clúster N° 2 (Formato A3)..... | 156 |
| Anexo N° 6: Clúster N° 3 (Formato A3)..... | 157 |
| Anexo N° 7: Mapa Evaluación de Puntos de Control – Lámina 01. Formato A1)..... | 158 |
| Anexo N° 8: Mapa Evaluación de Puntos de Control – Lámina 02. Formato A1)..... | 159 |

GLOSARIO:

- DOBLE DIFERENCIA: Double difference. Método aritmético de diferenciación de fase portadora medida simultáneamente por dos receptores que rastrean los mismos satélites. Este método elimina los errores del satélite y los errores horarios. (ITEJ, 2003).
- ESCALA: Relación que existe entre una distancia cartográfica y la distancia terrestre correspondiente. Puede expresarse una escala cartográfica como una equivalencia, como fracción numérica o razón, o mostrarse gráficamente. (INEGI, 2014).
- GALILEO: Sistema desarrollado por la Unión Europea de Navegación por Satélites, operativo desde 2015, por la Agencia Espacial Europea (ESA).
- GLONASS: GLobal Orbiting NAVigation Satellite System - Globainaya Navigatsionnaya Sputnikovaya - Sistema Ruso de Navegación por Satélites, operativo desde 1996.
- GNSS/GPS, Navegador: dispositivo de bolsillo que nos ayuda a saber la posición geográfica longitud y latitud con una posición de unos metros, usando la tecnología GNSS/GPS.
- GNSS: Global Navigation Satellite System (Sistema Global de Navegación por Satélite); Bajo este acrónimo se engloban todas las técnicas de posicionamiento mediante satélites, incluyendo los de Aumentación. GPS: Global Positioning System. (Sistema de Posicionamiento Global): Es un sistema de posicionamiento basado en satélites, prevé información a nivel mundial, sobre el clima, tiempo u hora y posicionamiento las 24 horas del día. (ITEJ, 2003).
- IMAJBOX: un sistema de cartografía móvil portátil.
- IMU: Unidad de movimiento Inercial – Inertial Measurement Unit. Este dispositivo es capaz de medir e informar sobre la actitud (cabeceo, alabeo y guiñada), la velocidad, los cambios de altitud y las fuerzas gravitatorias que actúan en el dispositivo.
- INS: sistema de navegación inercial. estima la posición, velocidad y orientación sin tener que depender de referencias externas.
- MMS: sistemas de mapeo móvil

- POST-PROCESAMIENTO: Procesamiento de datos obtenidos en el terreno después de la observación GNSS.
- PRECISIÓN: Grado de cercanía o consistencia entre los valores observados de una determinada magnitud o su repetitividad basada en el grado de discrepancia entre los valores observados (IGN).
- RECEPTOR GPS/GNSS: Equipo de medición que capta señales emitidas por la constelación de satélites del GPS/GNSS. (IITEJ, 2012).
- RUTA: Sucesión de Waypoints que definen un camino desde el primer waypoint (punto de origen) hasta el último (destino) de una forma ordenada, pasando por todos y cada uno de los waypoints que la constituyen.
- SEÑAL GPS: Todos los satélites GPS transmiten unas señales electromagnéticas estructuradas sobre la frecuencia fundamental de 10,23 MHz, originada en relojes atómicos, osciladores, muy estables instaladas a bordo. (TRIMBLE, 1997).
- SENSOR: El dispositivo, ya sea eléctrico o electrónico, que detecta información de un objeto o fenómeno, sin estar en contacto físico con el mismo, transformando la magnitud que se desea medir en otra que facilita su medida y lectura. (INEGI, 2015a)
- SIG: Sistema de información geográfica, se compone de datos y herramientas de análisis de información espacialmente georeferenciadas.
- TRACK: Camino, sendero, rastro, estela. Hace referencia al mismo tiempo al rastro o estela del camino por el que hemos ido navegando.
- WAYPOINT: Representación de un punto de la Tierra que se puede almacenar en un receptor GPS en la forma de unas coordenadas geográficas precisas.

Resumen

El desarrollo de los estudios de inventario vial, permite realizar la descripción de las vías, registrando sus características geométricas y su estado físico y así obtener un diagnóstico que pueda medir la extensión, dimensiones de calzada, bermas, estado, tipo de superficie de rodadura, obras de arte, centros poblados o caseríos, estructuras como pontones, puentes, túneles y muros de contención y puntos notables. Además, el registro de la posición de lugares críticos (fallas geológicas, geotécnicas, hidrológicas o de seguridad vial), e infinidad de caracteres que uno desee registrar con el propósito de tener información para el desarrollo de planes Viales, proyectos de desarrollo u otros.

La investigación se enfoca en la aplicación y evaluación de los equipos usados en levantamiento de información de inventarios viales; donde se requiere la información georeferenciada a nivel de sección vial, videos y fotos georeferenciadas, de esta manera evaluar los componentes y ancho de la vía en cada tramo. Empleando de esta forma el Sistema de Mapeo Móvil Inercial y los equipos receptos geodésicos GNSS/GPS Submétrico y GNSS/GPS Navegador y la recolección de datos se realiza en las rutas vecinales de la provincia del Cusco y se evaluará como muestra; las rutas vecinales de los distritos Cusco y Poroy.

Estos tres equipos presentan una precisión y metodología de trabajo distinta, Específicamente se analizaron el funcionamiento de los siguientes equipos y modelos GNSS/GPS Navegador “Garmin”, GNSS/GPS Submétrico “Trimble” y el equipo de mapeo móvil inercial “Imajbox”. Se compara los datos de posición de infraestructura vial y eje de vía, los cuales se obtienen en campo con cada equipo Sistema de Mapeo Móvil Inercial y los GNSS/GPS, en modo estático y cinemático, mediante puntos de control (posición de estructuras de la red vial, levantadas en campo), permitiendo realizar la comparación entre la información levantada por los equipos GNSS/GPS y Mapeo móvil Inercial en modo cinemático.

Además, se analizan los costos, tiempos y personal empleados en el desarrollo de con cada equipo, permitiendo demostrar cual es el equipo conveniente en precisión, metodología, calidad de información costos, tiempo de captura y procesamiento de la información. Teniendo como objetivo para determinar el sistema más preciso y adecuado para inventario el vial de rutas.

Palabra clave: *Inventario vial, GNSS/GPS, Navegador, Submétrico, Imajbox, Mapeo móvil, GNSS, Sistema de movimiento Inercial (IMU).*

Abstract

The development of road inventory studies allows a description of the roads, recording their geometric characteristics and physical condition and thus obtaining a diagnosis that can measure the extension, dimensions of the road, berms, condition, type of rolling surface, works of art, town centers or hamlets, structures such as pontoons, bridges, tunnels and retaining walls and notable points. In addition, the registration of the position of critical places (geological, geotechnical, hydrological or road safety faults), and an infinity of characters that one wishes to register with the purpose of having information for the development of Road plans, development projects or others.

The research is focused on the application and evaluation of the equipment used in the collection of road inventory information; where georeferenced information is required at the road section level, georeferenced videos and photos, in this way to evaluate the components and width of the road in each section. Using in this way the Inertial Mobile Mapping System and the GNSS / GPS Submetric and GNSS / GPS Navigator geodetic reception equipment and the data collection is enhanced in the neighborhood routes of the province of Cusco and the neighborhood routes of the Cusco and Poroy districts.

These three equipment's present a different precision and working methodology. Specifically, the operation of the following equipment's and models were analyzed: GNSS / GPS Navigator "Garmin", GNSS / GPS Submetric "Trimble" and the inertial mobile mapping equipment "Imajbox". The position data of the road infrastructure and road axis are compared, which are obtained in the field with each Inertial Mobile Mapping System equipment and the GNSS / GPS, in static and kinematic mode, by means of identifiers (points of road structures, raised in field) and using as reference static points taken in the field, allowing the comparison between the information collected by the GNSS / GPS equipment and Inertial Mobile Mapping in kinematic mode.

The costs, times and personnel used in the development of each team are analyzed, allowing to demonstrate which is the appropriate team in precision, methodology, quality of information, costs and time of data capture and processing. Aiming to determine the most accurate and appropriate system for inventory the roadway.

Keyword:

Road inventory, GNSS / GPS, Navigator, Submeter, Imajbox, Mobile mapping, GNSS, Inertial motion system (IMU).

CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN.

Los inventarios viales son instrumentos con las que se determinan y describen las vías, teniendo en cuenta sus propiedades geométricas, estados físicos y otros aspectos notables.

Con los estudios de inventario vial se desea tener un diagnostico que pueda medir la extensión, dimensiones de calzada, bermas, estado, tipo de superficie de rodadura, obras de arte, centros poblados o caseríos, estructuras como pontones, puentes, túneles y muros de contención y puntos notables. Ademase el registro de la posición de lugares críticos (fallas geológicas, geotécnicas, hidrológicas o de seguridad vial), e infinidad de caracteres.

Generalmente la forma más empleada para la ejecución de los estudios de inventario vial, es mediante la inspección visual, realizando un reconociendo de las carreteras que forman parte de la malla vial a las cuales se les caracteriza, califica, clasifica y cuantifica sus condiciones.

Como parte de las implementaciones y herramientas tecnológicas, los datos recopilados en el inventario vial, deben incorporarse a un sistema de información geográfica (SIG); el cual permita visualizar, analizar, manipular, y editar en algún momento, con el fin de generar actualizaciones o cambios.

En la actualidad, los inventarios viales se han vuelto muy importantes en la planificación y gestión de proyectos; relacionados con el diagnostico, mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción de infraestructura vial, con el fin de mantener o incrementar el nivel de servicio, costos razonables de operación de vehículos, mejora en el tiempo y rutas de viaje.

La funcionalidad del Sistema de Mapeo Móvil Inercial y los equipos GNSS/GPS, tienen aplicación en los inventarios viales, para la obtención de información, cuyos datos son usados en el desarrollo de proyectos de planificación vial, Mantenimiento y conservación de vías con el fin de lograr buena conexión entre distritos, provincias y así el desarrollo de las actividades económicas de un ámbito de estudio.

1.1. Identificación y planteamiento del problema.

Las carreteras son una de las principales infraestructuras en el sistema vial del Perú y uno de sus problemas más graves es el mantenimiento y rehabilitación de gran cantidad de tramos que se encuentran deteriorados, por falta de presupuesto.

El problema se complica aún más cuando las carreteras están en malas condiciones, pero aún siguen siendo útiles; lo cual ocasiona que se pospongan los proyectos de reparación teniendo como consecuencia el tránsito caótico y muchas veces caminos inaccesibles. A menudo, la falta de presupuesto limita la revisión oportuna y reparación de las instalaciones de transporte y causando más problemas con defectos viales más serios y costosos.

Para asignar de manera óptima los recursos de una entidad del estado para cubrir los problemas de infraestructura vial, se requiere un sistema de información geográfica y tecnología digital con información actualizada, desde el cual se debe implementar el inventario de carreteras para proporcionar los datos necesarios como insumo básico para el análisis. Definición de estrategias y priorización de intervenciones en la red vial.

El inventario de vías genera información básica sobre la ubicación y la conectividad de cada área de gestión dentro de la red. Los datos se recopilan teniendo en cuenta la importancia de este elemento en las decisiones de mantenimiento y rehabilitación.

Hoy en día existe equipos para inventario vial de diversos costos, características y funcionalidades, dependiendo la precisión, calidad de información, tiempo de trabajo.

También se genera un problema cuando no se trabaja con una precisión adecuada y no se realiza la corrección de los datos obtenidos en campo, generando muchos errores que pueden generar una mala administración del inventario vial.

1.2. Delimitación de la investigación.

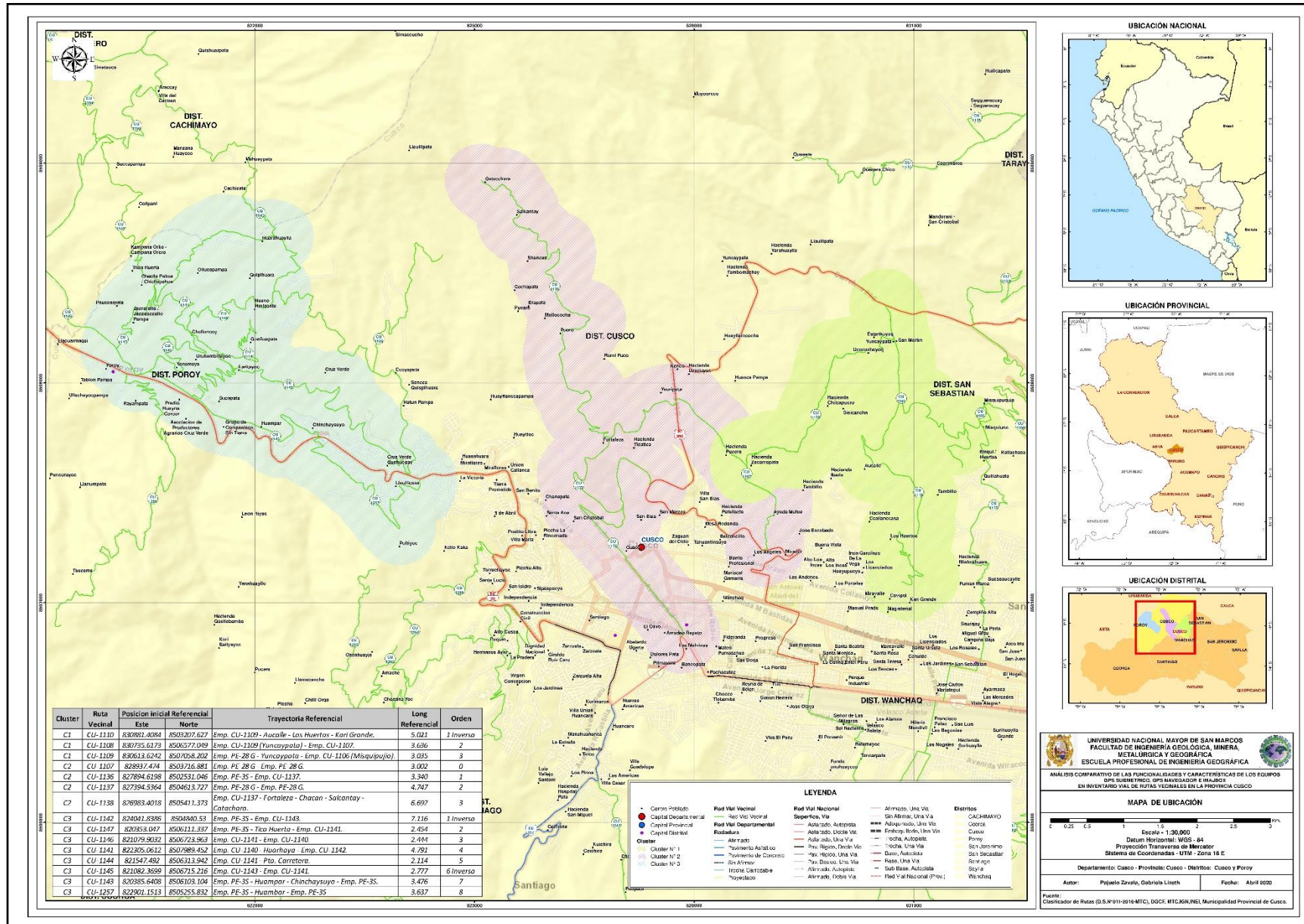
La investigación se realiza en las rutas vecinales del departamento del Cusco, para ser más específicos en la provincia Cusco, Distritos Cusco y Poroy, cuyo fin es enfocarse en el análisis de la aplicación y evaluación de los equipos usados en levantamiento de información de inventarios viales, los cuales permiten obtener información georeferenciada de las características de las vías a nivel de sección vial, videos y fotos georeferenciadas de la infraestructura que lo compone, ancho de la vía en cada tramo, conexión entre centros poblados y actividades

Para el análisis y la recolección de los datos se emplearán el sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS Submétrico y GNSS/GPS Navegador, permitiendo determinar cuál es el más preciso y adecuado.

Analizando la variable independiente “Análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS” que se compone de los indicadores Precisión, Tiempo y costos. La variable dependiente “Calidad del Inventario vial de rutas vecinales de la Provincia de Cusco”. basado en los indicadores de metodología, reglamentos y estado de la vía.

A la vez esta investigación, está planificada para ser desarrollada en 3 fases: pre campo, Campo y gabinete. Actualmente no existen muchas investigaciones del tema en el Perú, pero si hay inventarios viales con diversos equipos lo cual nos permitirán hacer la comparación de nuestros resultados.

Figura N° 1: Delimitación



Fuente: Elaboración propia.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema General.

¿Un adecuado análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, permitirá determinar el sistema más preciso a utilizar en el inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco?

1.3.2. Problemas Específicos.

Los problemas específicos de esta investigación son los siguientes:

- a. ¿Cuál es el equipo de posicionamiento geográfico con la mayor precisión, para utilizarlo en el inventario vial de las rutas vecinales?
- b. ¿Qué tipo de análisis debo emplear en la evaluación de la precisión de los equipos de posicionamiento geográfico en el inventario vial?
- c. ¿Cuál es el equipo de posicionamiento geográfico más adecuado en metodología de trabajo, costo, tiempo, para el inventario vial de rutas vecinales de la Provincia de Cusco?

1.4. Justificación de la Investigación.

1.4.1. Justificación teórica.

Brindar a los ciudadanos que transitan por las vías de las rutas vecinales del Cusco una infraestructura de transporte eficiente y seguro, además de un adecuado mantenimiento, lo cual contribuirá al desarrollo socio económico de la región Cusqueña.

En ese sentido, uno de los aspectos más importantes de este sistema vial es contar con un inventario actualizado, para el cual es necesario recolectar información aplicando conocimientos y métodos que involucran a los sistemas de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS.

1.4.2. Justificación práctica.

La integración del sistema de navegación inercial (INS) y los equipos GNSS/GPS permite desarrollar una nueva generación atractiva y confiable de sensores inerciales de bajo costo, que permite el desarrollo de varios proyectos de registro geográfico o de recolección de datos de ubicación.

Los beneficios del uso de estas nuevas tecnologías en comparación con las técnicas tradicionales se manifiestan al obtenerse información más precisa, con mayor volumen y rapidez.

1.4.3. Justificación social.

La investigación será uno de los primeros pasos a la mejora de las rutas vecinales a través de los inventarios viales, ya que se podrá posteriormente interconectar los distritos para el desarrollo de las actividades económicas y de esta manera en un futuro se agilizará el tiempo de recorrido para que de esta manera haya una mejor conexión entre los pobladores.

1.5. Formulación de objetivos.

1.5.1. Objetivo General.

Analizar y comparar el sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS para determinar el sistema más preciso y adecuado para inventario el vial de rutas vecinales en la provincia de Cusco.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- a. Determinar cuál es el equipo de posicionamiento geográfico con la mayor precisión, para utilizarlo en el inventario vial de las rutas vecinales.
- b. Elaborar y ejecutar un adecuado método de análisis estadístico para la evaluación de la precisión de los equipos de posicionamiento geográfico.
- c. Identificar cuál es el equipo más adecuado en metodología de trabajo, costo, tiempo, para el inventario vial de las rutas vecinales en la Provincia de Cusco.

1.6. Formulación de Hipótesis.

1.6.1. Hipótesis General.

El análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, permitirá determinar cuál es el sistema de posicionamiento más preciso y adecuado para inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco.

1.6.2. Hipótesis Específica.

- a. El equipo de mapeo móvil inercial Imajbox es el de mayor precisión en comparación a los equipos GNSS/GPS, para ser utilizarlo en el inventario vial de las rutas vecinales.
- b. Un adecuado análisis estadístico permitirá determinar los niveles de precisión de del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS.
- c. El equipo de mapeo móvil inercial es el más adecuado en metodología de trabajo, costo, tiempo, para efectuar el inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco.

1.7. Identificación de variables.

1.7.1. Variable Independiente.

Análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS.

Indicadores:

- Precisión.
- Tiempo.
- Costos.

1.7.2. Variable Dependiente.

Calidad del Inventario vial de rutas vecinales de la Provincia de Cusco.

Indicadores:

- Metodología.
- Estado de Vía.

CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes.

TESIS: “Gestión de infraestructura vial en la red departamental de la región Piura-2012”.

La infraestructura vial se constituye en un conjunto de activos públicos que influyen en las decisiones de producción, en el consumo de las empresas y de los hogares y en la mejora de la calidad de vida de la población desarrollándola de manera sostenida. Las actividades privadas en las regiones de un país no progresarían adecuadamente si la infraestructura vial no fuera provista de manera eficiente. (Rosales, 2016, p. 9).

Esto hace indicar lo importante que son los inventarios viales para el desarrollo de las actividades económicas, y la unión de los polos de desarrollo para fortalecer dichas actividades.

TESIS: “Propuesta - Manual de inventario vial básico Georeferenciado para entidades públicas y privadas”.

Como parte fundamental de todo proceso de Gestión Vial se encuentra el inventario de la red vial o de proyecto a analizar. Definiéndose a este como el proceso metodológico que permite, identificar todos los caminos que componen una red, y conocer el estado de condición de cada uno de ellos y de su medio. Existen muchas metodologías para la realización de inventarios viales que finalmente definen valores o índices del estado del pavimento para la ejecución del mantenimiento vial. (Huillca, 2014, p. 8).

Nos indica que tenemos metodologías para inventarios viales, algo muy importante para el sentido de esta investigación.

TESIS: “Ejecución del inventario vial Georeferenciado de Piura y propuesta de optimización de metodologías existentes”.

Según menciona Rojas (2012) Los datos del inventario incluyen información como: “características físicas, geometría de la vía, identificadores de ubicación referencial, clasificación funcional, jurisdicción, espesores y materiales de construcción, tipos de superficie, e historia de mantenimientos, la información del tráfico, volumen y la clasificación vehicular”. (p. 15).

Ya con el pasar de los años, como mencionamos en esta cita, van aumentando las variables a considerar en el inventario vial.

TESIS: “Los sistemas de información geográfica en el análisis de la siniestralidad en carretera. Estudio particular para la provincia de la Coruña”.

El análisis de los estudios viales como menciona Varela, Martínez, Varela y Díaz (2012): “Incluye indicadores, tablas y mapas temáticos, demuestra la potencialidad de las nuevas tecnologías de la información, y concretamente de los [Sistemas de Información Geográfica] (SIG)”. (pg.).

Ya se integra los inventarios viales con los conceptos de Sistemas de Información Geográfica, herramienta básica en la investigación.

INVESTIGACIÓN: “Aplicación de los sistemas de información geográfica para la gestión de la malla vial de la ciudad de Medellín”.

Todos estos factores pueden ser caracterizados, analizados e integrados espacialmente por Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta poderosa herramienta de análisis, interpretación y visualización, utiliza tecnología avanzada a través de hardware y software especiales, permitiendo la integración de datos alfanuméricos con información geográfica. (Zapata, Cardona, 2012, p.71).

La integración de los datos en los Sistemas de Información Geográfica es importante en la investigación, con ello podremos vincular base gráfica con información alfanumérica obtenidos en datos de campo para el inventario vial.

TESIS: "GEOVAN: The Mobile Mapping System from the ICC".

Inicialmente, la forma de realizar inventarios viales se basaba en inspecciones visuales en campo, ejecutadas por una comisión de especialistas encargada de diligenciar formularios y mapear manualmente los elementos viales durante el recorrido en carretera, procedimiento que se caracterizaba por ser lento, extenuante e impreciso. Por lo anterior, se han venido desarrollando sistemas automáticos móviles que captan el entorno y hacen mediciones sobre la superficie de la tierra y su entorno, realizándolo de forma rápida, precisa y rentable. (Talaya, Bosch, Alamús, Serra, & Baron, 2000).

Ya se habla de los primeros inventarios viales con inspecciones de campo ya con mayor detalle de toma de datos y no de manera rápida como se hacía anteriormente.

INVESTIGACIÓN: "Inventario vial urbano e interurbano empleando un sistema portátil de alto rendimiento. XVII Congreso Argentino de vialidad y tránsito".

Recientes colaboraciones con los departamentos y municipios en Francia han evidenciado el interés que despierta en ellos el hecho de disponer de herramientas innovadoras y poco onerosas para administrar mejor sus redes viales...De esta manera, el principio de relevamiento de imágenes panorámicas geo posicionadas de gran rendimiento aporta una respuesta adaptada a las necesidades de los profesionales para la gestión y explotación de sus redes viales. Se trata de la solución de Video y Mapeo Móvil, la cual está compuesta de un equipo de relevamiento de campo fácilmente montado en cualquier vehículo liviano. (Desthieux, Rouveix, Raillat & Mezzelani, 2016, p. 6).

En Francia, ya se habla en ese año los términos de mapeo móvil, imágenes panorámicas y otras definiciones que vienen siendo importante para los inventarios viales, que hoy en día se aplica en el Perú.

Con el pasar de los años se han ido desarrollando equipos que permiten captar información de posicionamiento y realizar mediciones en la superficie de la tierra de forma rápida, precisa y ventajosa pero también existe ciertos inconvenientes como los entornos urbanos.

INVESTIGACIÓN: “Benefits of Combined GPS/GLONASS with Low-Cost MEMS IMUs for Vehicular Urban Navigation. Sensors”.

Los entornos urbanos son ubicaciones críticas para los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS). En tales entornos, los edificios bloquean muchas de las señales, reduciendo así la disponibilidad de satélites y debilitando la geometría de observación, siendo el caso extremo la falta de disponibilidad de la solución. Los edificios también pueden reflejar señales, causando fenómenos de trayectos múltiples que introducen los mayores errores de medición en estas áreas. (Angrisano, Petovello. & Pugliano, 2012, p. 2).

Los inventarios viales en zona urbanas son más difíciles de realizar, como se menciona, y es importante tener en cuenta ya que a pesar que estamos realizando rutas vecinales que en su mayoría son de ámbito rural, se debe tener en cuenta por la posibilidad de tener rutas de ámbito urbano en el camino.

INVESTIGACIÓN: “Tendencia mundial en tecnologías de sistemas de mapeo móvil implementadas con láser”.

Los MMS constan de varios sensores para proporcionar cantidades geométricas (GPS, IMU y LiDAR). Sin embargo. El nombre cambió a Tecnología de Mapeo Móvil (MMTf por su sigla en inglés), ya que la complejidad de MMS ha aumentado debido a su relación con los avances tecnológicos, diseño y optimización de flujos en las etapas de captación y el procesamiento presente en estos sistemas. (Porrás, Sanabria & Ortiz, 2018, p. 209).

Es importante conocer los sensores MMS para el funcionamiento de los equipos GNSS/GPS, ya que al momento de realizar el levantamiento en campo se pueda

optimizar su uso al momento de realizar la toma de información relevante para el inventario vial.

INVESTIGACIÓN: “Monitorización de integridad autónoma del receptor extendida (E-RAIM) para la integración de GNSS / INS”.

La integración de sistema satelital de navegación global (GNSS) con sistema de navegación inercial (INS) se ha investigado muy activamente durante muchos años debido a la naturaleza complementaria de los dos sistemas. En entornos GNSS desafiantes como cañones urbanos y bajo follaje, el objetivo del INS es proporcionar una solución de navegación durante las interrupciones del GPS. Además, la integración de GNSS con un sistema de navegación inercial puede ofrecer sistemas más robustos y confiables que cualquiera de los sistemas individuales. (Hewitson & Wang como cita en Angrisano, Petovello. & Pugliano, 2012, p. 2).

El movimiento inercial es la novedad en los equipos de Mapeo móvil, la cual la diferencia de los equipos GNSS/GPS, ya que no es un sistema estático y puede mejorar la precisión en los movimientos, además de su sistema que permita levantar información de campo en el post proceso.

INVESTIGACIÓN: “Benefits of Combined GPS/GLONASS with Low-Cost MEMS IMUs for Vehicular Urban Navigation”.

Por último, Angrisano, Petovello. & Pugliano (2012) manifiestan: “Sin embargo, el rendimiento del INS depende en gran medida de la calidad (y, por lo tanto, del costo) de los sensores inerciales utilizados, con sensores de mayor calidad que producen los mejores resultados” (p. 2).

La pequeña desventaja del equipo de mapeo móvil debido a la presencia del movimiento inercial es el precio, pero genera resultados de mayor calidad y más óptimos, perfectos para los inventarios viales.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Normatividad.

Ley N° 27181 - Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre.

La presente Ley establece los lineamientos generales económicos, organizacionales y reglamentarios del transporte y tránsito terrestre que rigen en todo el territorio de la República.

Artículo 16°: El MTC, es el ente rector a nivel nacional en materia de transporte, tránsito terrestre, y asume las competencias normativas de dictar los Reglamentos Nacionales todo lo necesario para el desarrollo del transporte y el ordenamiento del tránsito, así como interpretar los principios de transporte, tránsito terrestre con sus reglamentos nacionales y velar porque se dicten las medidas necesarias para su cumplimiento en todos los niveles funcionales y territoriales del país.

Artículo 23°: El Reglamento de Jerarquización Vial, es uno de los reglamentos nacionales necesarios para su implementación; Contiene los criterios para la clasificación de vías, que deben servir de base para las decisiones de inversión y operatividad, en base a los roles que ha determinado y los criterios para especificar áreas o carreteras con acceso restringido; Que, por Decreto Supremo N° 017-2007-MTC, se aprobó el Reglamento de Jerarquización Vial.

DECRETO SUPREMO N. ° 006-2009-MTC Modifican el Reglamento de Jerarquización Vial en los artículos 2°, 8°, 16°.

LEY N° 29937 - Ley que modifica los artículos 2, 23, 24 y 25 de la ley 27181, ley general de transporte y tránsito terrestre, precisando disposiciones relacionadas con los servicios complementarios.

Clasificador de Rutas del SINAC (D.S. N° 011-2016-MTC).

Es el documento oficial del Sistema Nacional de Carreteras -SINAC emitido por el MTC y contiene la lista de carreteras existentes también las de proyecto, clasificadas como Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o rural.

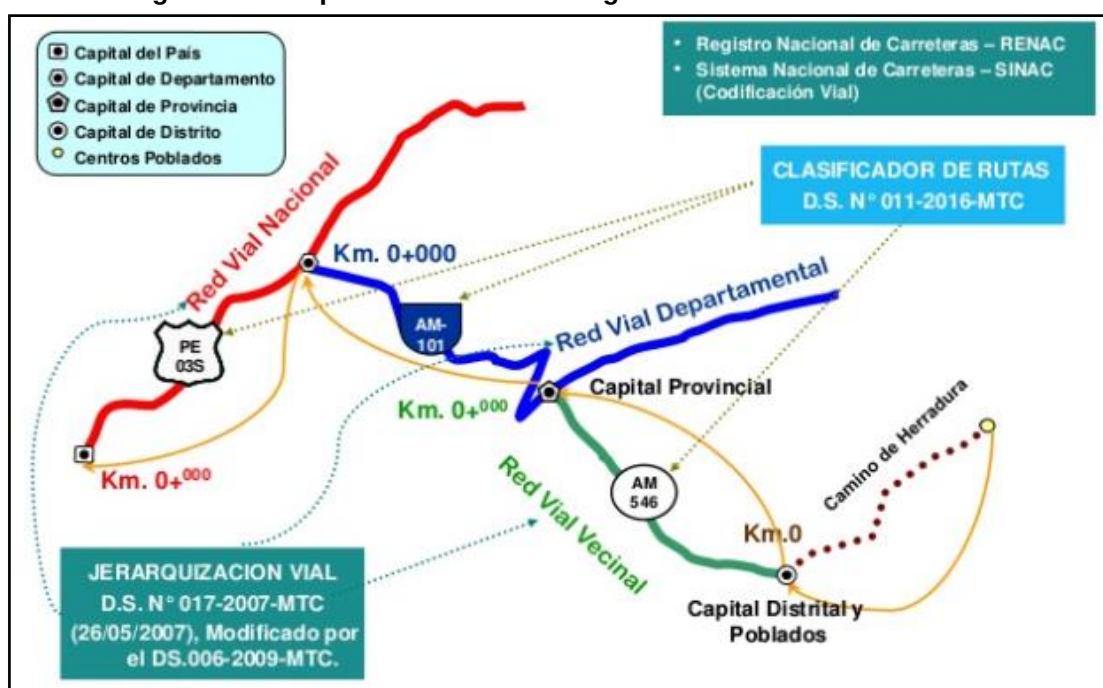
Manual de Inventario Vial (R.D. N° 09-2014-MTC / 14), actualizado por R.D. 022-2015-MTC/14 agregando la parte IV - Inventario vial para la planificación vial estratégica del de la red vecinal o rural de los gobiernos locales.

Tabla N° 1: Dispositivos legales

| DISPOSITIVO LEGAL | NOMBRE |
|--------------------------------|--|
| LEY N° 27972 | “Ley Orgánica de Municipalidades” |
| LEY N° 27181 | “Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre” |
| D.S. N° 034-2008-MTC | “Aprueba El Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial” |
| D.S. N° 019-2011-MTC | “Aprueba La Matriz de Delimitación de Competencias y Funciones Para Gob. Central. Regional y Local.” |
| D.S. N° 017-2011-MTC | “Aprueban Reglamento de Jerarquización Vial” |
| D.S. N° 011-2016-MTC | “Aprueban La Actualización del Clasificador de Rutas Del SINAC” |
| R.D. N° 022-2015-MTC/14 | “Actualización del Manual de Inventario Vial Incorporando La Parte IV Correspondiente A La Red Vecinal.” |

Fuente: MTC

Figura N° 2: Aspectos normativos de gestión de infraestructura vial

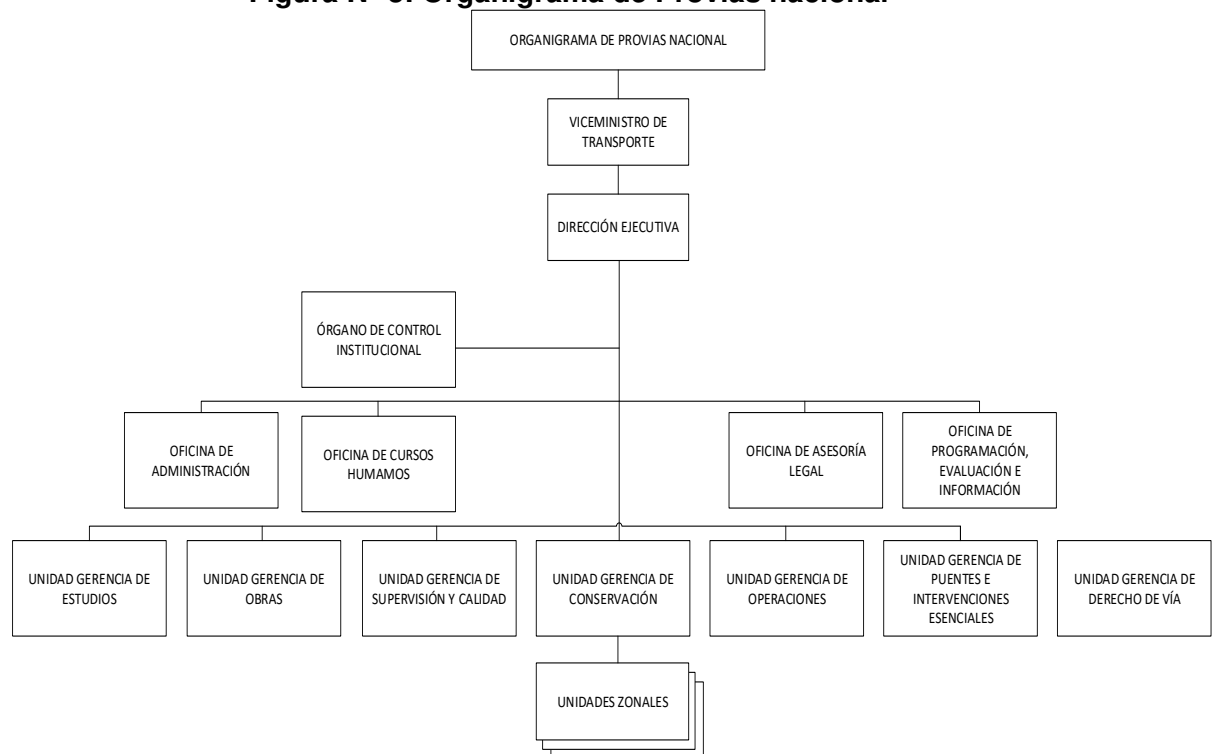


Fuente: MTC

2.2.2. Provias Nacional.

Es un proyecto especial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que se encarga de la preparación, administración, gestión e implementación de proyectos de infraestructura de transporte relacionados con la red vial nacional. Tiene como finalidad la construcción, rehabilitación y mejora; así como el mantenimiento, conservación, mantenimiento y operación de la infraestructura vial nacional, el cual se adapta a los requerimientos del desarrollo, así como la integración nacional e internacional.

Figura N° 3: Organigrama de Provias nacional



Fuente: RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 138-2017 MTC/01.02

2.2.3. Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

Como organismo competente y regulador del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), la DGCF está autorizada para clasificar y reclasificar las rutas, en coordinación con las autoridades e instituciones responsables de la gestión de la red vial.

De acuerdo a los criterios de jerarquización vial, las clasificaciones que integran nuevas rutas y las reclasificaciones son actualizadas en el clasificador de rutas.

Los inventarios viales son un instrumento empleado para la elaboración de mapas viales, planes viales, proyectos de inversión y mantenimiento, con el fin de recoger información actual de las condiciones y características físicas de las vías. Los cuales están diseñados para priorizar las inversiones identificadas en la planificación vial de las provincias y regiones.

En cuanto al tipo de inventario a aplicar, estos se diferencian en “Inventarios viales calificados” los cuales son para la red vial nacional y desarrollados por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, en un periodo de ejecución de 4 años. “Inventarios viales básicos, inventarios viales georreferenciados” aplicados en la red vial departamental y vecinal, son desarrollados por PROVIAS descentralizado en coordinación con los gobiernos sub nacionales.

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 2).

Tabla N° 2: El sistema nacional de carreteras – SINAC

RED VIAL NACIONAL, POR EL TIPO DE SUPERFICIE

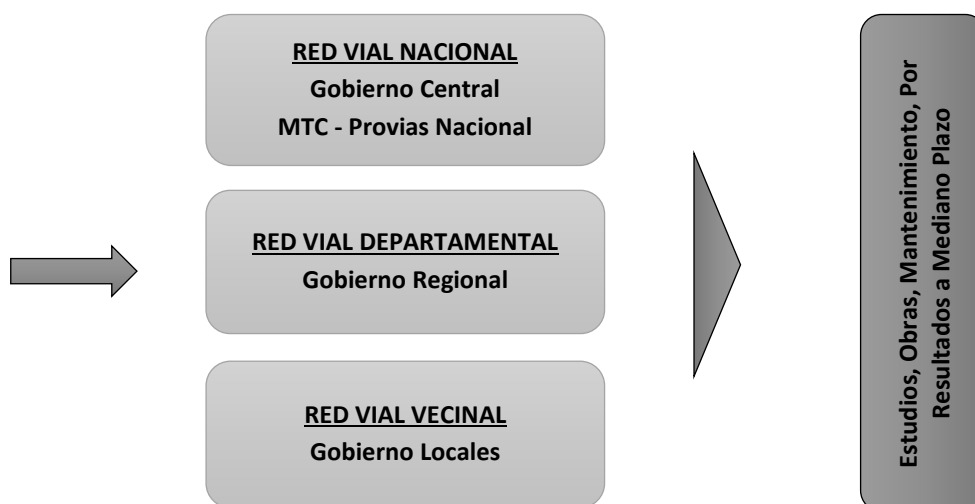
(Kilómetros)

| DEPARTAMENTO | EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA | | | | | | | TOTAL EXISTENTE | PROYECTADA | TOTAL |
|---------------|--|-----------------|-----------|----------------|-------------|----------|-----------|-----------------|------------|-----------|
| | PAVIMENTADA | | | NO PAVIMENTADA | | | | | | |
| | Asfaltada | Solución Básica | Sub Total | Afirmada | Sin Afirmar | Trocha | Sub Total | | | |
| NACIONAL | 14,999.9 | 6,649.1 | 21,649.0 | 3,390.1 | 708.6 | 1,313.2 | 5,411.9 | 27,060.9 | 1,805.5 | 28,866.5 |
| DEPARTAMENTAL | 3,309.0 | 314.1 | 3,623.1 | 16,676.5 | 3,202.6 | 4,003.4 | 23,882.5 | 27,505.6 | 4,693.4 | 32,199.0 |
| VECINAL | 1,906.2 | - | - | 27,679.3 | 26,651.9 | 57,555.3 | 111,886.6 | 113,792.7 | 140.4 | 113,933.1 |
| TOTAL | 20,215.1 | 6,963.2 | 25,272.1 | 47,745.9 | 30,563.1 | 62,871.9 | 141,180.9 | 168,359.2 | 6,639.3 | 174,998.5 |

Fuente: Clasificador De Rutas D.S 011-2016-MTC Actualizada Al 31/07/2019

COMPETENCIAS EN INFRAESTRUCTURA VIAL “El Gobierno Nacional tiene jurisdicción en todo el territorio de la República, los Gobiernos Regionales y Municipales la tienen en su respectiva circunscripción territorial”. Ley de Bases de Descentralización (Ley 27783).

Figura N° 4: Competencias del sistema de infraestructura vial



Fuente: MTC

ARTÍCULO 4: DE LAS AUTORIDADES COMPETENTES

Artículo. 4.1: “El MTC es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento interpretar las normas técnicas contenidas en el presente Reglamento.”

Artículo. 42; “Autoridades competente para la aplicación del presente reglamento:
El Gobierno Nacional a través del MTC. Está a cargo de la gestión de la infraestructura de la Red Vial Nacional. Los Gobiernos regionales, a cargo de la gestión de la infraestructura de la Red Vial Departamental o Regional. Los Gobiernos Locales, a través de las municipalidades provinciales y distritales, a cargo de la gestión de la infraestructura de la Red Vial Vecinal o Rural.”

Artículo.11.2. “El MTC. órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, elabora el Plan Vial Nacional que contiene el plan vial de la red vial Nacional de su competencia, e incorpora los planes viales de la Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural Implementados bajo las pautas que dicta el MTC”.

2.2.4. Clasificador de rutas del Sistema nacional de carreteras.

El clasificador de rutas es el documento oficial del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), donde está registrada la Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural. Contiene el código de ruta y su definición o tramos según puntos o lugares principales que conecta.

La Dirección General de Carreteras y Ferrocarriles (DGCF) - MTC es la encargada de preparar la actualización del clasificador de rutas, los cambios y la reclasificación definitiva y temporal.

DECRETO SUPREMO N° 011-2016-MTC.

Tabla N° 3: Clasificación de las carreteras según su función

| GENÉRICA | DENOMINACIÓN EN EL PERÚ |
|--|---|
| RED VIAL PRIMARIA | RED VIAL NACIONAL Compuesto por carreteras que conectan las principales ciudades del país con puertos y fronteras. |
| RED VIAL SECUNDARIA | RED VIAL DEPARTAMENTAL Forma la red de carreteras, que se asigna principalmente al área de un departamento, lo forman las carreteras troncales departamentales. |
| RED VIAL TERCIARIA, RURAL O LOCAL | RED VIAL VECINAL Formado por: <ul style="list-style-type: none">- Carreteras vecinales que conectan pueblos pequeños.- carreteras de acceso rural que conectan pueblos y asentamientos con poblaciones reducidas. |

Fuente: SINAC

Según el clasificador de Rutas, resulta un total de 6,766 rutas clasificándose del siguiente modo:

- Red vial Nacional 133 rutas
- Red vial departamental 393 rutas
- Red vial vecinal 6,240 rutas (Registradas y no registradas; las cuales aún están en formalización por parte de la DGCF en coordinación con PDV)

2.2.5. Reglamento de jerarquización vial.

El reglamento de jerarquización vial es una de las regulaciones nacionales requeridas para su implementación. Esto incluye los criterios de clasificación de carreteras para orientar las decisiones de inversión y operación en función de los roles establecidos y los criterios para declarar áreas o carreteras de acceso restringido. Este fue aprobado por Decreto Supremo N°. 017. 2007 - MTC y posteriormente modificado por Decreto Supremo N° 006 - 2009 - MTC en artículos 2, 8, 16, el 05 de febrero de 2009.

La jerarquización vial es la organización de las vías que integran el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) en niveles de jerarquía las cuales se agrupan en las tres redes especificadas en el artículo 4 de este Reglamento en función de su función e importancia.

- Red Vial Nacional
- Red Vial Departamental o Regional
- Red Vial Vecinal o Rural

Artículo 8°. - CRITERIOS DE JERARQUIZACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC)

- a. Las carreteras que cumplen con alguno de los siguientes criterios forman parte de la Red Vial Nacional:
 1. Interconectar el país longitudinalmente o transversalmente para permitir la conexión con los países vecinos.
 2. Conectar las capitales de los departamentos.
 3. Unir dos o más carreteras de la Red Nacional de Carreteras.
 4. Mantener el tránsito de larga distancia nacional e internacional de mercancías y personas, facilitado el comercio nacional o exterior.
 5. Unir puertos y / o aeropuertos de nivel nacional o internacional, así como ferrocarriles nacionales.
 6. Conectar los principales centros de producción con los principales centros de consumo.

b. Las carreteras que cumplen con alguno de los siguientes criterios forman parte de la red vial departamental o regional:

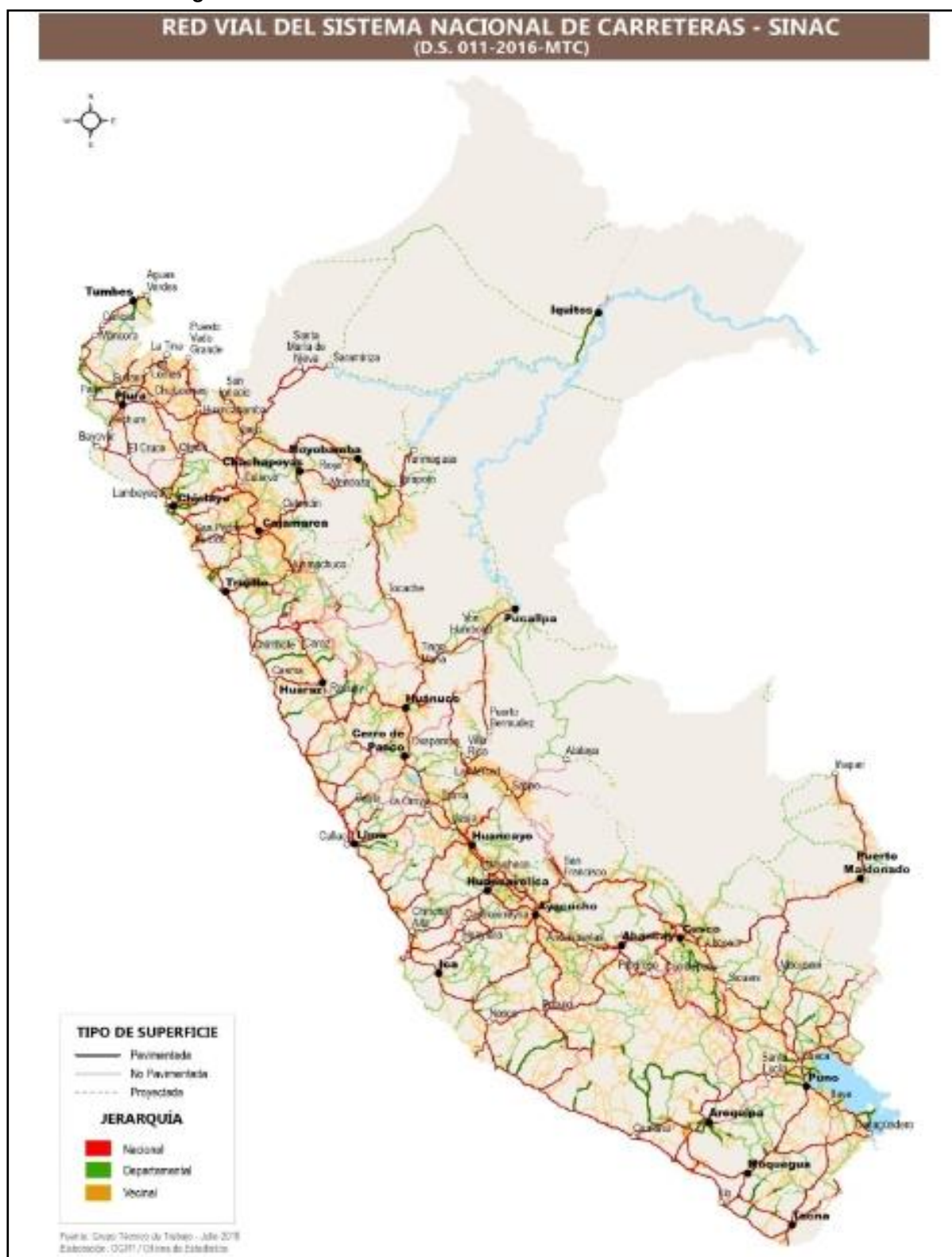
1. Conectar la capital del departamento con las capitales de sus provincias o entre sí.
2. Unir dos o más carreteras de la red vial departamental o regional.
3. Facilitación, el transporte de personas y de los intercambios comerciales a nivel regional o departamental, que influye en los movimientos económicos regionales.
4. Conectar las capitales distritales que pertenezcan a más de una provincia o permitir que se formen circuitos con otras carreteras departamentales o nacionales.
5. Unir puertos y / o aeropuertos a nivel regional.

Decreto Supremo No. 017.2007 - MTC

c. Aquellos caminos que no forman parte de la Red Vial Nacional ni de la Red Vial Departamental o Regional forman parte de la Red Vial Vecinal o Rural.

Decreto Supremo N°. 017. 2007 - MTC

Figura N° 5: Red Vial del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC



Fuente: Boletín Estadístico 2019-I Grupo Técnico de Trabajo - Julio 2019 Elaboración: OGPP / Oficina de Estadística

2.2.5.1. Red vial nacional.

La Red Vial Nacional está conformada por tres ejes longitudinales (costa, sierra y selva) y 20 ejes transversales que en conjunto suman más de 28,866.50 kilómetros de carreteras.

Se organiza en 133 rutas

- 3 ejes longitudinales
- 20 ejes Transversales
- Variantes y Ramales
- En proyecto

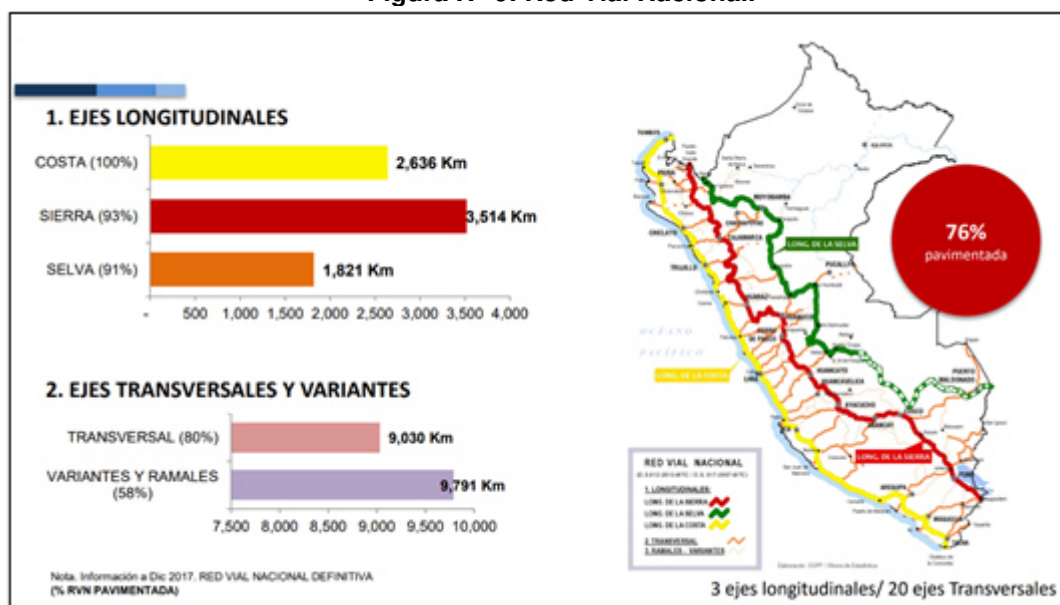
Tabla N° 4: Red Vial Nacional, Por el Tipo de Superficie

(Kilómetros)

| DEPARTAMENTO | EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA | | | | | | | TOTAL EXISTENTE | PROYECTADA | TOTAL |
|--------------|--|--------------------|--------------|----------------|----------------|---------|--------------|--------------------|------------|----------|
| | PAVIMENTADA | | | NO PAVIMENTADA | | | | | | |
| | Asfaltada | Solución Básica | Sub Total | Afirmada | Sin Afirmar | Trocha | Sub Total | | | |
| NACIONAL | 14,999.9 | 6,649.1 | 21,649.0 | 3,390.1 | 708.6 | 1,313.2 | 5,411.9 | 27,060.9 | 1,805.5 | 28,866.5 |

Fuente: Clasificador de rutas D.S. 011 – 2016 – MTC Actualizada al 31/07/2019.

Figura N° 6: Red Vial Nacional.



Fuente: Visión de Desarrollo de la Infraestructura Vial - junio 2018

2.2.5.2. Red vial departamental o Regional.

La Red Vial Departamental o Regional se organiza en 393 rutas, con una longitud total de 32,199.00 Km.

Tabla N° 5: Red Vial Departamental, Por el Tipo de superficie

(Kilómetros)

| DEPARTAMENTO | EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA | | | | | | | TOTAL EXISTENTE | PROYECTADA | TOTAL |
|---------------|--|--------------------|--------------|----------------|----------------|---------|--------------|--------------------|------------|----------|
| | PAVIMENTADA | | | NO PAVIMENTADA | | | | | | |
| | Asfaltada | Solución Básica | Sub Total | Afirmada | Sin Afirmar | Trocha | Sub Total | | | |
| DEPARTAMENTAL | 3,309.0 | 314.1 | 3,623.1 | 16,676.5 | 3,202.6 | 4,003.4 | 23,882.5 | 27,505.6 | 4,693.4 | 32,199.0 |

Fuente: Clasificador de rutas D.S. 011 – 2016 – MTC Actualizada al 31/07/2019.

2.2.5.3. Red vial vecinal o rural.

La Red Vial Vecinal o Rural se tiene 6,240 rutas con una longitud total de 113,933.1 Km., conformada por; Red Vial Red Vial Existente de Existente 113,792.7 Km y la Red Vial Proyectada de 14040 Km.

Tabla N° 6: Red Vial Vecinal, Por el Tipo de superficie

(Kilómetros)

| DEPARTAMENTO | EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA | | | | | | | TOTAL EXISTENTE | PROYECTADA | TOTAL |
|--------------|--|--------------------|--------------|----------------|----------------|----------|--------------|--------------------|------------|-----------|
| | PAVIMENTADA | | | NO PAVIMENTADA | | | | | | |
| | Asfaltada | Solución Básica | Sub Total | Afirmada | Sin Afirmar | Trocha | Sub Total | | | |
| VECINAL | 1,906.2 | - | - | 27,679.3 | 26,651.9 | 57,555.3 | 111,886.6 | 113,792.7 | 140.4 | 113,933.1 |

Fuente: Clasificador de rutas D.S. 011 – 2016 – MTC Actualizada al 31/07/2019.

2.2.6. Registro Nacional de Carreteras (RENAC).

El RENAC se emplea para identificar la trayectoria de todas las vías terrestres (pavimentadas o no) del país. Este registro esta publicado a través del sitio web del Ministerio de Transporte con sus correspondientes mapas viales. Con esta información, es posible determinar qué caminos afectarán las áreas naturales protegidas y / o su zona de amortiguamiento sin esperar a que comiencen las obras o trabajos de construcción. (Ministerio de Justicia, 2008, p.3)

2.2.7. Red Vial de la Provincia de Cusco.

Rutas Nacionales de la Provincia de Cusco

En la Provincia de Cusco, de área 617 km², se encuentran 3 rutas Nacionales con una longitud total de 76.15 km.

Tabla N° 7: Red Vial Nacional, Por el Tipo de Superficie, Según Departamento de Cusco

| EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA (Kilómetros) | | | | | | | | | PROYECTADA | TOTAL |
|---|-------------|---------------------|----------------|----------|----------------|--------|--------------|--------------------|------------|-------|
| DEPARTAMENTO Provincia | PAVIMENTADA | | NO PAVIMENTADA | | | | | TOTAL EXISTENTE | | |
| | Asfaltada | Pavimento Rígido | Sub Total | Afirmada | Sin Afirmar | Trocha | Sub Total | | | |
| CUSCO | 64.99 | 4.84 | 69.84 | 6.32 | | | 6.32 | 76.15 | | 76.15 |

Fuente: Grupo Técnico de trabajo (DGCF, PVN, PVD, OGPP)

Elaboración MTC – OGPP – Oficina de Estadística

1/. Las cifras de longitud varían ligeramente por efectos del redondeo. Y en proceso de aprobación por el Grupo Técnico de Trabajo – GTT Clasificador de rutas D.S. 011-2016 – MTC, Actualizada al 31/07/2019

Tabla N° 8: Lista de Rutas Nacionales de la provincia de Cusco

| Provincia | N° Rutas | Longitud (Km) | Rutas |
|-----------|----------|---------------|--|
| Cusco | 3 | 76.15 | Longitudinal PE-28G (ramal), PE-28J, PE-3S |

Fuente: Elaboración propia (D.S. N° 011-2016-MTC)

Rutas Departamentales de la Provincia de Cusco

En la Provincia de Cusco, de área 617 km², se encuentran 3 rutas Departamentales con una longitud total de 37.50 km.

Tabla N° 9: Red Vial Departamental por el Tipo de Superficie, Según Departamento de Cusco

| DEPARTAMENTO Provincia | EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA (Kilómetros) | | | | | | | PROYECTADA | TOTAL | |
|---------------------------|---|--------------------|----------------|----------|----------------|--------|---------|------------|-------|--------------|
| | PAVIMENTADA | | NO PAVIMENTADA | | | | Total | | | |
| | Asfaltada | Solución Básica | Sub Total | Afirmada | Sin Afirmar | Trocha | | | | Sub Total |
| CUSCO | 480.9 | | 480.9 | 2,217.4 | 26.3 | 76.6 | 2,320.3 | 2,801.2 | 251.6 | 3,052.8 |
| ACOMAYO | 84.0 | | 84.0 | 33.4 | | | 33.4 | 117.4 | 22.0 | 139.4 |
| ANTA | 12.6 | | 12.6 | 55.5 | | | 55.5 | 68.0 | | 68.0 |
| CALCA | 75.6 | | 75.6 | 174.4 | | | 174.4 | 250.0 | 62.2 | 312.3 |
| CANAS | 89.9 | | 89.9 | 10.0 | | | 10.0 | 99.9 | | 99.9 |
| CANCHIS | 8.6 | | 8.6 | 154.6 | | 2.7 | 157.3 | 165.9 | | 165.9 |
| CHUMBIVILCAS | 0.7 | | 0.7 | 206.9 | | | 206.9 | 207.6 | | 207.6 |
| CUSCO | 17.9 | | 17.9 | 19.6 | | | 19.6 | 37.5 | | 37.5 |
| ESPINAR | 24.8 | | 24.8 | 120.6 | | | 120.6 | 145.5 | | 145.5 |
| LA CONVENCIÓN | 23.5 | | 23.5 | 601.3 | 26.3 | 73.9 | 701.4 | 724.9 | 80.2 | 805.2 |
| PARURO | 104.8 | | 104.8 | 331.4 | 0.0 | | 331.5 | 436.3 | | 436.3 |
| PAUCARTAMBO | 26.3 | | 26.3 | 295.6 | | | 295.6 | 321.9 | 60.6 | 382.5 |
| QUISPICANCHI | 9.9 | | 9.9 | 168.1 | | | 168.1 | 178.0 | 26.5 | 204.5 |
| URUBAMBA | 2.2 | | 2.2 | 46.0 | | | 46.0 | 48.2 | | 48.2 |

Fuente: Grupo Técnico de trabajo (DGCF, PVN, PVD, OGPP)

Elaboración MTC – OGPP –

Oficina de Estadística

1/. Las cifras de longitud varían ligeramente por efectos de redondeo. Y en proceso de aprobación por el Grupo Técnico de Trabajo-GTT CLASIFICADOR DE RUTAS D.S 011-2016-MTC ACTUALIZADA AL 31/07/2019

Tabla N° 10: Lista de Rutas Departamentales de la provincia de Cusco

| Provincia | N° Rutas | Longitud (Km) | Rutas |
|-----------|----------|---------------|------------------------|
| Cusco | 3 | 37.50 | CU-117, CU-118, CU-123 |

Fuente: Elaboración propia (D.S. N° 011-2016-MTC)

Rutas Vecinales o rurales de la Provincia de Cusco

En la Provincia de Cusco, de área 617 dm, se encuentran 98 rutas con una longitud total de 460.51 km.

Tabla N° 11: Resultados de distribución de número de rutas rurales o vecinales de Cusco

| ID | CONDICIÓN | #RUTAS | PORCENTAJE |
|----|-----------------|-----------|--------------|
| 1 | LONG_KM <= 10 | 89 | 91 % |
| 2 | 10<LONG_KM <20 | 7 | 7 % |
| 3 | 20<=LONG_KM <45 | 1 | 1 % |
| 4 | LONG_KM >= 45 | 1 | 1 % |
| | | 98 | 100 % |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 12: Red Vial Vecinal por el Tipo de Superficie, del departamento de Cusco

| DEPARTAMENTO Provincia | EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA (Kilómetros) | | | | | PROYECTADA | TOTAL | |
|---------------------------|---|----------------|-------------|----------|-----------|------------|-------|----------|
| | PAVIMENTADA | NO PAVIMENTADA | | | Total | | | |
| | Asfaltada | Afirmada | Sin Afirmar | Trocha | Sub Total | | | |
| CUSCO | 115.3 | 3,573.3 | 2,137.5 | 6,403.8 | 12,114.6 | 12,229.9 | 25.4 | 12,255.2 |
| ACOMAYO | 0.79 | 68.07 | 49.36 | 351.69 | 469.12 | 469.91 | | 469.91 |
| ANTA | 9.52 | 29.70 | 198.47 | 537.86 | 766.03 | 775.55 | | 775.55 |
| CALCA | 15.58 | 181.27 | 199.66 | 497.88 | 878.81 | 894.39 | | 894.39 |
| CANAS | 0.86 | 413.52 | 332.28 | 74.57 | 820.38 | 821.24 | | 821.24 |
| CANCHIS | 10.18 | 135.47 | 33.41 | 452.50 | 621.38 | 631.56 | | 631.56 |
| CHUMBIVILCAS | 3.72 | 654.46 | 183.77 | 619.32 | 1,457.55 | 1,461.27 | 15.22 | 1,476.49 |
| CUSCO | 56.79 | 273.58 | 17.30 | 112.85 | 403.72 | 460.51 | | 460.51 |
| ESPINAR | | 201.09 | 505.03 | 272.29 | 978.41 | 978.41 | | 978.41 |
| LA CONVENCIÓN | 2.48 | 903.53 | 554.58 | 1,403.72 | 2,861.83 | 2,864.31 | | 2,864.31 |
| PARURO | 0.49 | 269.54 | 35.49 | 272.84 | 577.87 | 578.36 | 10.13 | 588.49 |
| PAUCARTAMBO | | 214.59 | | 769.08 | 983.68 | 983.68 | | 983.68 |
| QUISPICANCHI | 9.43 | 46.08 | | 956.08 | 1,002.16 | 1,011.59 | | 1,011.59 |
| URUBAMBA | 5.44 | 182.35 | 28.18 | 83.15 | 293.68 | 299.12 | | 299.12 |

Fuente: Grupo Técnico de trabajo (DGCF, PVN, PVD, OGPP) - 31. jul. 2019

Elaboración Oficina de Estadística

1/. Las cifras de longitud varían ligeramente por efectos de redondeo. Y en proceso de aprobación por el Grupo Técnico de Trabajo. La Red Vial vecinal, incorpora las rutas en proceso de formalización en el SINAC, como producto de la sistematización de inventarios viales georreferenciados, a cargo de los Gobierno Subnacional y Provias Descentralizado.

CLASIFICADOR DE RUTAS D.S 011-2016-MTC ACTUALIZADA AL 31/07/2019

Tabla N° 13: Lista de Rutas Vecinales de la provincia de Cusco

| Provincia | N° Rutas | Longitud en km | Rutas |
|-----------|----------|----------------|--|
| Cusco | 98 | 460.51 | CU-1084, CU-1085, CU-1086, CU-1087, CU-1088, CU-1089, CU-1090, CU-1091, CU-1092, CU-1093, CU-1094, CU-1095, CU-1096, CU-1097, CU-1098, CU-1099, CU-1100, CU-1101, CU-1102, CU-1103, CU-1104, CU-1105, CU-1106, CU-1107, CU-1108, CU-1109, CU-1110, CU-1111, CU-1112, CU-1113, CU-1134, CU-1135, CU-1136, CU-1137, CU-1138, CU-1139, CU-1140, CU-1141, CU-1142, CU-1143, CU-1144, CU-1145, CU-1146, CU-1147, CU-1148, CU-1149, CU-1248, CU-1249, CU-1250, CU-1256, CU-1257, CU-1258, CU-1259, CU-1260, CU-1261, CU-1262, CU-1263, CU-1264, CU-1265, CU-1266, CU-1267, CU-1268, CU-1269, CU-1270, CU-1271, CU-1272, CU-1273, CU-1274, CU-1275, CU-1276, CU-1277, CU-1278, CU-1284, CU-1285, CU-1287, CU-1288, CU-1289, CU-1290, CU-1291, CU-1292, CU-1293, CU-1294, CU-1295, CU-1296, CU-1297, CU-1298, CU-1299, CU-1300, CU-1301, CU-1302, CU-1303, CU-1310, CU-1311, CU-1312, CU-1313, CU-1360, CU-1361, CU-1362 |

Fuente: Elaboración propia (D.S. N° 011-2016-MTC).

2.2.8. Inventario Vial.

El Inventario vial, es utilizado en la elaboración de planes viales y proyectos de inversión y mantenimiento, con el fin de recopilar información actualizada sobre el estado físico de la carretera, la composición y condición de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 2)

Los datos consignados en el inventario permiten, además, conocer la ubicación y estado de las obras de infraestructura y drenaje, para adelantar trabajos de mantenimiento que se requiera.

El inventario vial debe efectuarse periódicamente para conocer los cambios que se presenta en las vías y en sus obras de drenaje e infraestructura, obteniendo así la información necesaria para asegurarse del correcto funcionamiento de la vía.

Entre los tipos de inventarios se tiene los Inventarios viales Básicos y los inventarios viales Calificados, los cuales se orientan para identificar las prioridades de inversión de las vías, y presentados en los planes viales provinciales y regionales.

Con el desarrollo del inventario, se espera llegar a un diagnóstico que pueda medir la longitud real de la red de carreteras, las dimensiones de la berma, el estado y tipo de superficies rodantes, obras de arte (alcantarillas, desagües, vías fluviales, drenaje Zanjas, etc.), estructuras (como puentes, pontones, muros de contención y túneles), y registrar ubicaciones de sitios críticos (fallas geológicas, geotécnicas, hidrológicas o de seguridad vial), se registrarán las señales de tránsito y otros puntos notables.

Generalmente, el método más común para el inventario de carreteras es la inspección visual, donde todas las carreteras que integran la malla vial deben ser identificadas, clasificadas y cuantificadas sus condiciones.

El método de inspección visual incluye una descripción completa de tres aspectos básicos:

- a. Descripción de vía.
- b. Geometría de vía.
- c. Obras complementarias, estado y superficie. (Quintero, 2011, p.5).

2.3. Métodos de posicionamiento

2.3.1. Sistema de Posicionamiento Global (GNSS/GPS).

Debido a los recientes avances científicos, se han producido cambios importantes en las tecnologías de posicionamiento, incluyendo equipos de última generación los cuales funcionan mediante el Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS), denominado Sistema Global de Posicionamiento (GNSS/GPS), el cual brinda un alto grado de precisión, velocidad y gran masa de información.

Este es un sistema satelital que permite obtener información las 24 horas continuas, en cualquier condición meteorológica. La frecuencia medida por los GNSS/GPS son transmitidas por satélites los cuales están en movimiento continuo en el espacio y a través de las señales de frecuencia enviadas por 21 satélites activos, permite automatizar la recepción e información de posición en coordenadas cartesiana (X, Y, Z), que se puede convertir en coordenadas geodésicas (latitud, longitud y altitud). También mediante la conexión correcta del geoide y la elevación sobre el nivel medio del mar, se puede estimar la elevación. El software receptor asigna un periodo determinado para los datos, los cuales son corregidos con el software del computador o sistema.

2.3.2. Corrección en tiempo real con señal Omnistar

Omnistar es un sistema de transmisión GPS diferencial global en tiempo real que proporciona una red mundial, la corrección Omnistar se transmiten a través de varios satélites y se obtiene mediante suscripción, que autoriza su uso. sistema Los satélites geoestacionarios se utilizan en 8 áreas que cubren la mayor parte de la tierra.

Para acceder a la corrección, el usuario debe tener un receptor capaz de recibir la corrección La señal se puede obtener de muchos fabricantes de GPS, como Autofarm, GPS del hemisferio, Novatel, Topcon, Trimble, Raven, etc. Omnistar VBS (estación base virtual).

Esta señal no requiere estaciones de radio cercanas, pero el receptor necesita Realizar cálculos iniciales dentro de un cierto período de tiempo, llamado " Convergencia ". Este tiempo depende del número de satélites. La señal de corrección OmniSTAR se puede

utilizar en todo el mundo, pero solo es compatible con receptores GNSS con función OmniSTAR. Se debe adquirir una suscripción OmniSTAR para obtener la autorización de suscripción.

2.3.3. Métodos de medición GNSS/GPS

Los diferentes métodos de medición disponibles para los equipos GNSS/GPS son el método estático y método cinemático.

Método estático.

En el método estático, se requieren al menos dos dispositivos GNSS/GPS para recibir señales del satélite, Se coloca siempre el receptor GNSS/GPS en un punto fijo con coordenadas conocidas y se coloca otros dispositivos en el punto donde se pretende obtener las coordenadas.

Dado que es posible obtener en un tiempo de medición más largo para resolver la incertidumbre de la fase portadora, este método proporciona una mayor precisión. Y esto depende directamente de la distancia entre los dispositivos, es decir a mayor distancia, menor precisión. Se tiene mejores resultados aumentando el tiempo de medición y relacionando los resultados de múltiples sesiones.

Método cinemático.

Los métodos cinemáticos se utilizan en trabajos que requieren una alta precisión. El tiempo de observación para cada punto se reduce unos pocos segundos, pero debe haber suficiente tiempo de observación para resolver la ambigüedad de todos los puntos o trayectorias contenidas en la sesión. Después de determinar el punto de referencia inicial (inicialización), un dispositivo se mueve de un punto a otro sin dañar el contacto común de al menos 4 satélites y la base.

2.3.4. Mobile Mapping.

El desarrollo de sistemas de cartografía móvil terrestre fue iniciado por dos grupos de investigación en América del Norte, el Centro de Cartografía en la Universidad Estatal de Ohio, EE. UU. Y el Departamento de Ingeniería Geomática en la Universidad de

Calgary, Canadá. En comparación con los sistemas de registro de video, los sistemas de mapeo móvil pueden ofrecer capacidades completas de mapeo 3D que se realizan mediante el uso de tecnología avanzada de adquisición y procesamiento de datos integrados de sensores múltiples.

Una característica común de los sistemas de mapeo móvil es que más de una cámara está montada en una plataforma móvil, lo que permite la obtención de imágenes estéreo y mediciones en 3D. La georeferenciación directa de secuencias de imágenes digitales se logra mediante el uso de técnicas de navegación y posicionamiento. Se pueden combinar múltiples sensores de posicionamiento, GNSS/GPS, IMU y cálculo de cuentas, para el procesamiento de datos para mejorar la precisión y la robustez de la georeferenciación.

El continuo aumento del mercado en el mapeo en línea significa que una nueva era del mapeo está emergiendo; donde el mapeo móvil de bajo costo, rápido y de alta calidad se volverá mucho más valioso para servir a los usuarios de gran número de usuarios.

La ubicación del sensor, la sincronización del sensor, la calibración del sistema y la alineación inicial de los sensores se explican en detalle. Presentan un procedimiento automático para la segmentación de imágenes digitales cuyo objetivo principal es la detección de bordes de carreteras a partir de una secuencia de imágenes recopilada por un sistema de mapeo móvil terrestre.

El procedimiento de detección del borde de la carretera se basa en la integración del filtro Kalman extendido presentando un escenario para el desarrollo de un prototipo de navegación para peatones que systcin ha basado en datos de observación simultáneos. Su estudio demuestra que un filtro de Kalman es adecuado para la evaluación en tiempo real de la integración de sistemas de sensores múltiples. El artículo, escrito en colaboración con Kealy et al., Demuestra la posibilidad de que un sistema integrado proporcione los respaldos necesarios de posición, influencia y visualización para respaldar las aplicaciones en realidad (AR). Un caso de estudio.

2.4. Equipos de posicionamiento.

2.4.1. Equipo GNSS/GPS Navegador.

El equipo GNSS/GPS Navegador es un dispositivo de bolsillo que nos ayuda a saber la posición geográfica longitud y latitud con una precisión de unos metros, usando la tecnología GNSS/GPS.

Normalmente estos dispositivos también permiten saber la hora de referencia con poca precisión, pero que pueden ser utilizados para referencia. Los receptores GNSS/GPS navegadores de mano, trabajan con código, y solo permiten el posicionamiento en tiempo real con una precisión muy por encima del metro en función de las diversas variables que condicionan esta. Por este motivo, los navegadores GNSS/GPS constituyen la gama más baja de este tipo de receptores, y su uso queda reducido a aplicaciones en las que las precisiones exigidas no son excesivas, ni se requieren criterios de integridad, continuidad y disponibilidad

Figura N° 7: GNSS/GPS Navegador



Fuente: Portal Garmin

2.4.2. Equipo GNSS/GPS Submétrico.

Las diferentes aplicaciones basadas en tecnologías GNSS/GPS se discriminan en función de la precisión y criterios de integridad que estas requieran en el momento de ejecución o post proceso. Actualmente y hasta que los sistemas GNSS futuros estén presentes, en las aplicaciones que se requiere de una precisión submétrica y criterios de integridad se utilizan receptores GNSS/GPS de doble frecuencia debido a las altas precisiones que son capaces de alcanzar.

Los GNSS/GPS submétricos son una alternativa debido a que al utilizar la corrección adecuada en su sistema el error puede llegar a ser menor al metro, es por eso que se utiliza en la investigación.

2.4.2.1. Especificaciones Técnicas.

- ✓ Receptor GNSS integrado de alta precisión.
- ✓ Homologado con Google Mobile™ services [Servicio Móvil de Google] para ejecutar servicios y aplicaciones principales de Google.
- ✓ Compatible con aplicaciones de software de Trimble o de otros fabricantes.
- ✓ Batería extraíble que dura todo el día.
- ✓ Diseño ergonómico

Observación: Especificaciones obtenidos de la página de Trimble.

Figura N° 8: GNSS/GPS Submétrico y colector de datos



Fuente: Portal Trimble

Tabla N° 14: Características del GNSS/GPS Submétrico Controlador Trimble TSC3

| Especificaciones Técnicas |
|---|
| <p>Temperatura de funcionamiento -20° C a +55°C</p> <p>Impermeable IP65</p> <p>Rango de frecuencias L1/L2 (GNSS/GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS), MSS (RTX), L1 SBAS</p> <p>Comunicación USB / Wi-Fi / Tecnología inalámbrica Bluetooth / Protocolos de red HTTP, TCP/IP o UDP</p> <p>Batería interna de li-on 7.4V y 2800 mA-hr</p> <p>El controlador Trimble TSC3 ejecuta el software de campo Trimble Access.</p> |
| Accesorios estándares (incluidos) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Batería de ión-litio de 28.9 Wh • Fuente de alimentación CA internacional • Correa • Cable USB (mini) • Cordón para stylus • Stylus con resorte en la punta (paquete de 2) • Protectores de pantalla • Cubierta contra el polvo para el puerto de audio • Cubiertas contra el polvo para el puerto E/S • Estuche estándar • Hoja de guía rápida de iniciación • Antena de radio para radiomódem integrado de 2.4 GHz (opcional) <p>Accesorios opcionales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estuche de lujo • Cargador de batería individual • Soporte para jalón • Kit de recarga en el vehículo de 12 V • Cuna de comunicaciones para escritorio con USB host, USB cliente y conexiones Ethernet de 10/100 Mbps |

Fuente: Portal Trimble

2.4.2.2. Relevamiento.

Instalación del equipo, en el vehículo de relevamiento:

Se instala el equipo en la parte superior del vehículo el cual es controlado al interior del vehículo por el operario, desde ese momento se inicia el relevamiento en movimiento (Método cinemático).

Figura N° 9: Instalación del equipo GNSS/GPS en el vehículo.



Fuente: Google

Teniendo instalado, se procede a programar lecturas cada 1 segundos y con una velocidad la cual esta es de acuerdo al Manual de Inventarios viales, para obtener la mayor cantidad de puntos.

Para el estudio de inventarios viales se realiza el recorrido por el lado derecho de la vía, dando a conocer la longitud y ubicación geográfica real de la Red Vial presente, al tiempo que se recorre la vía se marca en el equipo los puntos de arranque de desvíos o cruce de vías y se toma lecturas también de las obras de infraestructura y drenaje encontradas a lo largo de la vía tales como: Alcantarillas, pontones, puentes y muros de contención; tomando lecturas de inicio y final de la construcción de cada obra.

2.4.3. Equipo de mapeo móvil inercial - Imajbox.

Imajbox es un sistema de cartografía móvil portátil todo en uno, diseñado para realizar la recopilación de datos con una alta velocidad para la eficiente gestión de activos de infraestructuras de transporte: vías, carreteras, vías navegables y servicios públicos.

Se puede instalar dentro de cualquier vehículo (automóvil, camión, bicicleta, moto, locomotora, tranvía, quad, tren, barco o bote) sin molestar al conductor, y se puede controlar mediante Wi-Fi.

Este equipo permite dar solución a diversas problemáticas de información cartográfica y los sistemas de información geográfica, Diagnostico e inventario de las infraestructuras, equipamientos y obras, estudios de planificación de costos, etc.

Figura N° 10: Equipo Imajbox



Fuente: Portal Imajing

Figura N° 11: Componentes del Equipo de cartografía móvil 3D Imajbox

GNSS/GPS

IMU

Odómetro

Barómetro

Múltiples
cameras/
video

Laser

scanner

Sensores
especiales



Fuente: Portal Imajing

Tecnología De Posicionamiento:

Este dispositivo combina datos de un conjunto de sensores para garantizar un posicionamiento preciso y continuo.

- Central inercial calibrada en fabrica (IMU)
- Receptor GNSS
- Captor barométrico.

La fusión lo realiza con algoritmos patentados que permiten cruzar los datos de los distintos sensores (Receptor GNSS, captor barométrico, central inercial calibrada en fabrica (IMU), imágenes) mediante un filtro de Kalman extendido.

El posicionamiento está asegurado aun así exista caso de pérdida de señales GNSS u entorno complejo; "dead reckoning" Efectuándose la propagación de la última posición conocida que permite el mantenimiento de dicho geo posicionamiento. Mitigación de la señal GNSS multi ruta involucrada en errores de posicionamiento y entrando a trabajar el sistema inercial (IMU).

Sensor de Movimiento Inercial (IMU)

La unidad de control inercial DX2 es la segunda generación de memoria del sistema inercial (IMU) desarrollada por Imajing. Proporciona precisión, repetitividad y robustez. Su calibración de fábrica permite una compensación de temperatura -40°C a +70°C, deriva controlable y calibración automática regular. Se combina con la tecnología de monitoreo de flujo de imágenes. La versión DX3 es una actualización de DX2. Su modelo de filtro es adecuado para la dinámica específica de trenes y barcos. DX4 es la IMU de gama alta optimizada para soluciones de posicionamiento RTK.

Odómetro – Radar Doppler

Con el fin de brindar soluciones en situaciones difíciles (ausencia de señal GNSS/GPS durante mucho tiempo), Imajing propone un sensor opcional que puede brindar información de velocidad y distancia en cualquier tipo de entorno. El sensor de radar Doppler se fija en el lateral del vehículo con imanes y se conecta directamente al Imajbox. Esta opción permite obtener mediciones precisas en la velocidad del vehículo y garantizar un posicionamiento preciso en todas las situaciones. El sensor se instala rápidamente y no requiere calibración. Está conectado directamente a Imajbox y los datos se almacenan directamente con los datos de medición.

2.4.3.1. Cámara y tratamiento de imágenes.

La óptica desarrollada por este equipo es de 80° o 100° de alta calidad con un modelo de distorsión debidamente calibrado en fábrica asegurando la precisión fotogramétrica. El procesamiento de imágenes Imajbox óptimo ofrece imágenes muy detalladas, con colores naturales en RGB y una gran profundidad de campo, en todas condiciones de iluminación y de velocidad se procesa automáticamente en todas las condiciones diarias de luz y velocidad: colores naturales Profundidad de campo profunda Imágenes nítidas y detalladas.

2.4.3.2. Imajview.

Imajview es un software de fotogrametría y SIG desarrollada para post-procesar y utilizar los levantamientos de la Imajbox para inventario, estudio y mantenimiento de activos en infraestructuras de transporte y redes de servicios públicos. Contiene un conjunto de herramientas que permite realizar proyectos multi temáticos con datos SIG. Imajview sincroniza las imágenes verticales de la Imajbox con cualquier contenido cartográfico.

Figura N° 12: Características del software SIG - Imajview

Herramienta de visualización

- Permite la navegación en las imágenes
- Se importa capas de datos SIG externas y para un análisis en entorno SIG
- Se inventarea y se mide en 3D con una herramienta de fotogrametría. de elementos visualizados (puentes, letreros, grietas, badenes, pontones, etc)

Herramienta de edición

- Su plataforma permite editar cualquier capa vectorial SIG importada, tanto en la zona SIG de imajview como directamente en las imágenes.
- Digitalizar los elementos de la imagen.
- Crear y navegar en el referencial línea (punto kilometro + distancia).

Herramienta de producción

- Nos vota resultados en datos SIG
- Se puede categorizar, medir y caracterizar elementos en 3D
- Trabaje tanto en coordenadas geográficas como en coordenadas lineales

Fuente: Portal Imajing

Figura N° 13: Interfaz de trabajo del software imajview



Fuente: Portal Imajing

2.4.3.3. Relevamiento.

Instalación del equipo de mapeo móvil inercial - Imajbox en el vehículo:

Este equipo tiene un Sensor de imágenes CMOS, antena GNSS/GPS Galileo Beidou y central inercial (IMU).

Se prepara el vehículo donde se procede a instalar el Equipo Imajbox de manera sencilla en el exterior del vehículo para el tema de energía se recomienda conectarle a la fuente de energía del vehículo.

Una vez instalado en el techo del vehículo se procede a realizar la configuración mediante Wifi (sin cables) para poder manejar el equipo desde un dispositivo celular u Tablet desde el cual tendré acceso a la configuración, encendido, apagado, auto calibración, acceso a la visualización de satélites, estado de batería y el control de del equipo y la progresión.

Se procede a dar contacto y encender el vehículo y la cámara empezara a hacer reconocimiento de todos sus parámetros (Auto calibración) para esto se debe esperar que se enciendan las tres luces rojo azul y verde lo cual indica que la cámara ya se calibro por lo tanto ya se puede iniciar la relevación de las rutas programadas esta acción (Auto calibración) se hace cada vez que se levanta una ruta.

Figura N° 14: Instalación y Auto calibración del equipo Imajbox



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que con los equipos GNSS/GPS se inicia el recorrido por el lado derecho de la vía con las indicaciones establecidas por el manual en cuanto a velocidad de relevamiento. Cada vez que se acaba de relevar una ruta se regresa al punto de inicio de los ramales y se vuelve a proceder con la configuración y auto calibración de la nueva ruta.

Una vez terminado el trabajo de levantamiento en campo (relevamiento) se procede a la corrección de los datos tomados mediante el equipo Imajbox, se cruzan con los datos de los distintos sensores del equipo (GNSS/GPS, unidades de movimiento inercial “IMU”, odómetro Doppler e imágenes grabadas) mediante un filtro de Kalman extendido.

Para ello se copia los datos en la PC y empleando el software Imajview con los datos El software hará el geo proceso de triangulación de los datos. Con este software se crean los ficheros que permiten al software de georeferenciación y así obtener una localización y orientación 3D precisa de la ruta.

Ya en gabinete con el software imajview se procesa los videos de cada ruta y se toma los datos a relevar como Alcantarillas, badenes, pontones, señalización, fallas de vía, puentes, centro poblados, etc. y exportándose dándonos como producto la información vectorial (Shapefile u base de datos), videos y fotografías georeferenciadas de los que se nos ajuste a las necesidades del proyecto.

Figura N° 15: Cadena de Herramientas del proceso con Imajbox



Fuente: Portal Imajing

2.5. Odómetro digital.

Uno de los principales objetivos del inventario de vías es la medición de la longitud de la vía. Uno de los métodos más utilizados es utilizando odómetros digitales que son incorporados al vehículo. Un odómetro digital es un instrumento de medición que puede calcular la distancia recorrida por un vehículo, y la unidad de medida configurada está en metros.

Antes de comenzar a usar el odómetro, se mide la presión de aire de los neumáticos del vehículo y controles de presión diarios. Antes de la ejecución de la calibración el vehículo debe recorrer unos ocho kilómetros, lo que ayuda a alcanzar la misma temperatura de funcionamiento que los neumáticos en uso normal.

La mayoría de odómetros vienen calibrados y programas de fábrica o de acuerdo al manual de cada uno. La velocidad media aproximada del odómetro calibrado es de 10 km/h. calibración del odómetro y se realiza según el tipo de calzada.

2.6. Sistema de Información Geográfica (SIG).

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), es la interacción organizada de hardware, software, datos geográficos y un operador altamente capacitados, donde los datos geográficos se encuentran diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar dicha información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas planificación, gestión, ambiental y diversos rubros por ende es Holístico.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conoce sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

De esta se integra la geometría de las vías con sus respectivas informaciones u atributos. También dividir la información en diferentes capas temáticas y almacenarla de forma independiente, de modo que se pueda acceder a la información de forma interactiva y rápida.

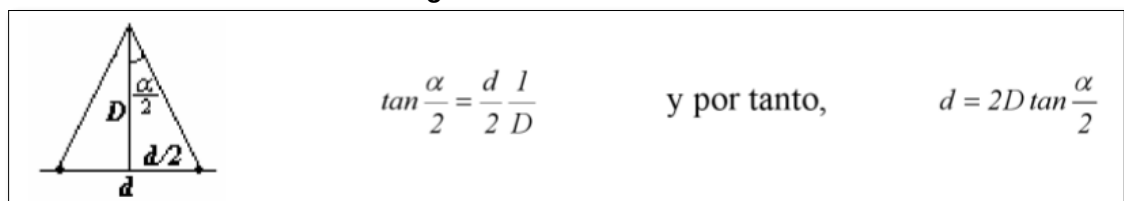
2.7. Aproximación gráfica o graficismo:

La capacidad de ojo humano, de percibir los objetos o distinguir detalles está limitada por la fisiología del ojo y la distancia de observación.

Se ha estudiado que el ojo humano es capaz de distinguir dos puntos separados entre sí 0,2 mm sobre un papel alejado a una distancia de unos 30 cm del ojo, pero que, a menos de estos 0,2 mm de separación, el ojo no será capaz de distinguirlos, por lo tanto, recibirá una única imagen puntual. de percibir con una resolución concreta los objetos que observa, se ha estudiado que el ojo humano es capaz

Si se observa un papel, a una distancia D de uno de nuestros ojos, y en ese papel se dibujan dos puntos separados una longitud d , la relación entre el ángulo α formado por los dos rayos que parten de nuestro ojo, hasta cada uno de los puntos, y su separación d será:

Figura N° 16: Graficismo



Fuente: Fundamentos para la cartografía náutica, Millán J. 2009

El conocimiento del graficismo para un levantamiento cartográfico es de vital importancia ya que será el que determinará la exactitud con el que este se debe efectuar.

Se puede considerar que obtener posición para su representación, con exactitudes mejores del valor que te da el graficismo, es un esfuerzo innecesario, ya que este no es apreciado.

A pesar de ello, en los levantamientos geodésicos de referencia no hay que olvidar que la obtención de información de referencia con errores mayores al valor del graficismo (Millán J. 2009).

2.8. Escala:

Es la representación de la superficie terrestre sobre el papel, desde el punto de vista teórico, el concepto general de escala es irreal, ya que una misma representación no existe un valor para ella en todos los puntos, si no q la escala varia en general de un punto a otro, aunque para efectos prácticos pueda considerarse como constante. (Millán J. 2009).

Para la evaluación de la precisión interviene la escala de trabajo a la que se desarrolla el estudio, en manual de inventario vial establece las siguiente Escalas de trabajo.

Tabla N° 15: Escalas referenciales para mapas

| Área Cubierta | Escala de Mapa |
|---------------|-----------------------|
| País | 1:1'000,000-1:500,000 |
| Región | 1:250,000-1:50,000 |
| Áreas Urbanas | 1:50,000-1:2,500 |

Fuente: Manual de inventario vial, RD N.º 22-2015-MTC/14

Tabla N° 16: Relación entre mapa y terreno

| ÁREA GEOGRÁFICA CUBIERTA (Km ²) | ESCALA DE MAPA | Distancia Terrestre en Varias Unidades de Medición para un centímetro del Mapa. | | |
|---|----------------|---|-------|------------|
| | | Metros | Km. | Pulgadas |
| 47.78 | 1:12,500 | 125.00 | 0.13 | 4,921.00 |
| 191.13 | 1:25,000 | 250.00 | 0.25 | 9,843.00 |
| 764.53 | 1:50,000 | 500.00 | 0.50 | 19,685.00 |
| 3,058.13 | 1:100,000 | 1,000.00 | 1.00 | 39,370.00 |
| 13,000.00 | 1:250,000 | 2,500.00 | 2.50 | 98,425.00 |
| 208,000.00 | 1:1'000,000 | 10,000.00 | 10.00 | 393,700.00 |

Fuente: Manual de inventario vial, RD N.º 22-2015-MTC/14

CAPÍTULO III : METODOLOGÍA.

Como menciona Carrasco Díaz S. (2014) en su libro Metodología de la Investigación Científica, es que hemos identificado el Tipo, Nivel y Diseño de investigación de la presente tesis.

3.1. Tipo de investigación.

Investigación del tipo Aplicada, pues tiene un propósito práctico y bien definido contando con el aporte de fundamentos técnicos y científicos de la cartografía, geodesia, topografía, ingeniería vial y transporte, con el objetivo de analizar y comparar los equipos GNSS/GPS y el sistema de mapeo móvil inercial y determinar el sistema más preciso y adecuado para inventario el vial de rutas vecinales en la provincia de Cusco.

3.2. Nivel de investigación.

De **nivel explicativo** o causal pues, en esta tesis explicamos y demostramos las diferencias de precisión entre el sistema de mapeo móvil inercial y los sistemas GNSS/GPS, además de plantear una solución empleando nuevas tecnologías de posicionamiento para el inventario de las vías de las rutas vecinales del Cusco.

3.3. Diseño de investigación.

La investigación es **no experimental** porque no se han manipulado deliberadamente la variable independiente, Precisión de los equipos GNSS/GPS y el sistema de mapeo móvil inercial, sin embargo, se han analizado los aspectos técnicos referidos a la accesibilidad y eficacia de los sistemas de posicionamiento.

Los diseños no experimentales presentan dos formas generales; transversales y longitudinales. En este caso es **transversal**, también llamado transeccional, porque se han realizado trabajos de campo en un momento determinado del tiempo. Esto se efectúa con el propósito de describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

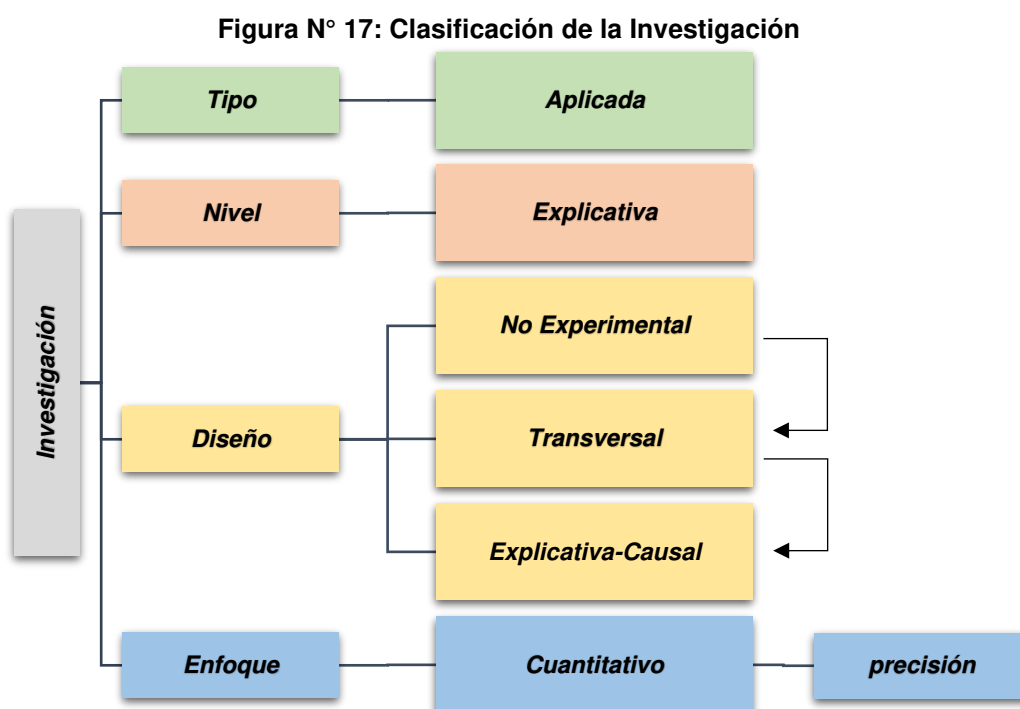
Asimismo, los diseños transversales se subdividen en: Diseños transversales descriptivos, **explicativos-causales** y correlacionales. En esta tesis se ha aplicado el

diseño transversal explicativa-causal porque, se explican las precisiones y sus efectos en la representación cartográfica además de plantear un método de solución.

3.4. Enfoque de investigación.

De acuerdo con Hernández Sampieri, R., Mendoza Torres C., (2018). En su libro Metodología de la Investigación:

Esta tesis utiliza un método cuantitativo porque es continuo y basado en evidencias, definiéndose fase y etapas de trabajo y se comienza definiendo el concepto, una vez definido, traza los objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y establece un marco teórico. A través del problema se propone una hipótesis y se determinan las variables; se elabora un plan de trabajo para probar esta hipótesis, las variables se miden en un contexto dado; empleando métodos estadísticos, geodesia, ingeniería vial, tecnología de análisis de resultados de las mediciones obtenidas y finalmente se extrae las conclusiones.



Fuente: Elaboración propia.

3.5. Población y muestra.

La investigación no tendría sentido si no se considera o se guarda relación dentro del contexto con el que se trabajan. Por tanto, es necesario entender los conceptos de población y de muestra para lograr comprender mejor su significado en la investigación educativa o social que se lleva a cabo.

Población se refiere al universo o totalidad de elementos sobre los que se investiga o hacen estudios. Muestra es una parte o subconjunto de elementos que se seleccionan previamente de una población para realizar un estudio.

Figura N° 18: Población y Muestra



Fuente: Google

Al ser el departamento del Cusco demasiado extenso se considera trabajar con las rutas viales de la provincia del Cusco, de las cuales, al también ser muy extensas, se hace el levantamiento de algunas rutas vecinales de los distritos Cusco y Poroy

Siendo de esta manera la población todas rutas viales de la provincia del Cusco y la muestra a elegir será algunas rutas vecinales de los distritos Cusco y Poroy, como se puede ver lo explicado anteriormente en la siguiente tabla.

Tabla N° 17: Rutas vecinales de los Distritos Cusco y Poroy seleccionadas en la muestra

| Clúster | Ruta Vecinal | Trayectoria Referencial | Long Referencial (Km) |
|---------|--------------|--|-----------------------|
| C1 | CU-1110 | Emp. CU-1109 - Aucalle - Los Huertos - Kari Grande. | 5.021 |
| C1 | CU-1108 | Emp. CU-1109 (Yuncaypata) - Emp. CU-1107. | 3.636 |
| C1 | CU-1109 | Emp. PE-28 G - Yuncaypata - Emp. CU-1106 (Misquipujio). | 3.035 |
| C2 | CU-1107 | Emp. PE-28 G - Emp. PE-28 G. | 3.002 |
| C2 | CU-1136 | Emp. PE-3S - Emp. CU-1137. | 3.340 |
| C2 | CU-1137 | Emp. PE-28 G - Emp. PE-28 G. | 4.747 |
| C2 | CU-1138 | Emp. CU-1137 - Fortaleza - Chacan - Salcantay - Catachara. | 6.692 |
| C3 | CU-1142 | Emp. PE-3S - Emp. CU-1143. | 7.116 |
| C3 | CU-1147 | Emp. PE-3S - Tica Huerta - Emp. CU-1141. | 2.454 |
| C3 | CU-1146 | Emp. CU-1141 - Emp. CU-1140. | 2.444 |
| C3 | CU-1141 | Emp. CU-1140 - Huarhaya - Emp. CU-1142. | 4.791 |
| C3 | CU-1144 | Emp. CU-1141 - Pta. Carretera. | 2.114 |
| C3 | CU-1145 | Emp. CU-1143 - Emp. CU-1141. | 2.777 |
| C3 | CU-1143 | Emp. PE-3S - Huampar - Chinchaysuyo - Emp. PE-3S. | 3.476 |
| C3 | CU-1257 | Emp. PE-3S - Huambar - Emp. PE-3S | 3.637 |

Fuente: Elaboración Propia.

Al ser un inventario vial, es necesario tener como población a las vías o rutas viales ya que será necesario para su inventario como etapa de diagnóstico en la cual se conocerá a problemática de la mismas para posteriormente se le pueda hacer el mejoramiento respectivo ya que las vías conllevan a un desarrollo debido a la conexión que generan entre los territorios y de esta manera se puedan desarrollar de manera más fluida actividades económicas primarias y secundarias; se debe enfocar en un futuro mejoramiento de la población a través de análisis de distritos como muestra ya mencionado anteriormente.

Figura N° 19: Trocha Carrozable.



Fuente: Google

Figura N° 20: Carretera Asfaltada.



Fuente: Google

3.6. Área de estudio.

Descripción Geográfica del Departamento de Cusco.

Ubicado en la región sur oriental del Perú, comprende zonas andinas y parte de la selva alta. Limita al norte con Ucayali, al sur con Arequipa y Puno, al este con Madre de Dios y Puno y al oeste con Arequipa, Apurímac, Ayacucho y Junín. A continuación, se menciona sus características:

Superficie: 71986.5 km²

Población Estimada: 1,331,758

habitantes (INEI 2017)

Capital Departamental: Cusco

Provincias: 13

Distritos: 112

Figura N° 21: Ubicación geográfica del departamento de Cusco



Fuente: Elaboración propia.

Identificación de Rutas en Cusco

En esta sección se busca definir el área operativa del departamento de Cusco mediante la identificación de rutas.

Tabla N° 18: Rutas rurales o vecinales de la Provincia de Cusco

| Provincia | N° Rutas | Longitud en km | Rutas |
|--------------|-----------|----------------|---|
| Cusco | 98 | 466.06 | CU-1084, CU-1085, CU-1086, CU-1087, CU-1088, CU-1089, CU-1090, CU-1091, CU-1092, CU-1093, CU-1094, CU-1095, CU-1096, CU-1097, CU-1098, CU-1099, CU-1100, CU-1101, CU-1102, CU-1103, CU-1104, CU-1105, CU-1106, CU-1107, CU-1108, CU-1109, CU-1110, CU-1111, CU-1112, CU-1133, CU-1134, CU-1135, CU-1136, CU-1137, CU-1138, CU-1139, CU-1140, CU-1141, CU-1142, CU-1143, CU-1144, CU-1145, CU-1146, CU-1147, CU-1148, CU-1149, CU-1248, CU-1249, CU-1250, CU-1256, CU-1257, CU-1258, CU-1259, CU-1260, CU-1261, CU-1262, CU-1263, CU-1264, CU-1265, CU-1266, CU-1267, CU-1268, CU-1269, CU-1270, CU-1271, CU-1272, CU-1273, CU-1274, CU-1275, CU-1276, CU-1277, CU-1278, CU-1284, CU-1285, CU-1287, CU-1288, CU-1289, CU-1290, CU-1291, CU-1292, CU-1293, CU-1294, CU-1295, CU-1296, CU-1297, CU-1298, CU-1299, CU-1300, CU-1301, CU-1302, CU-1303, CU-1310, CU-1311, CU-1312, CU-1313, CU-1360, CU-1361, CU-1362. |
| Total | 98 | 466.06 | |

Fuente: D.S. N° 011-2016-MTC

3.7. Estructura de la investigación.

Se aplicará la metodología de comparación de equipos de receptos geodésicos para el inventario vial de la provincia del Cusco.

Se utilizarán 3 equipos de los cuáles presentan una precisión y metodología de trabajo distinta, mientras el vehículo se encuentra en movimiento se procederá a la toma de los puntos respectivos para luego ser procesados y corregidos de manera idónea para posteriormente ser comparados. Se realizará el recorrido con el vehículo por una parte de los distritos de la provincia de Cusco.

El GNSS/GPS navegador permitirá obtener la información con una precisión de unos ± 7 metros, pero permitirá obtener información referencial para un inventario preliminar, debido al error que presenta, pero para el inventario vial es válido para un inventario preliminar.

El Imajbox trabaja con sistema de movimiento inercial (IMU), presentando así una precisión menor al metro, para obtener una mayor precisión al momento de realizar el inventario vial, además del sensor de movimiento que es ideal para estos trabajos y poder realizarlo de manera adecuada y así se pueda realizar una mejora en las vías.

Se realizará una fase de gabinete para poder definir las rutas a realizar y el ajuste de los equipos, además de preparar los equipos para que se encuentren aptos para el proceso de toma de datos.

Se necesitará un chofer y vehículo para realizar todos los recorridos, además de personal de apoyo, ya, para la toma de datos con los equipos GNSS/GPS (navegador y Submétrico) se requiere de un personal que este en constante toma de datos y un asistente de apoyo aparte del chofer.

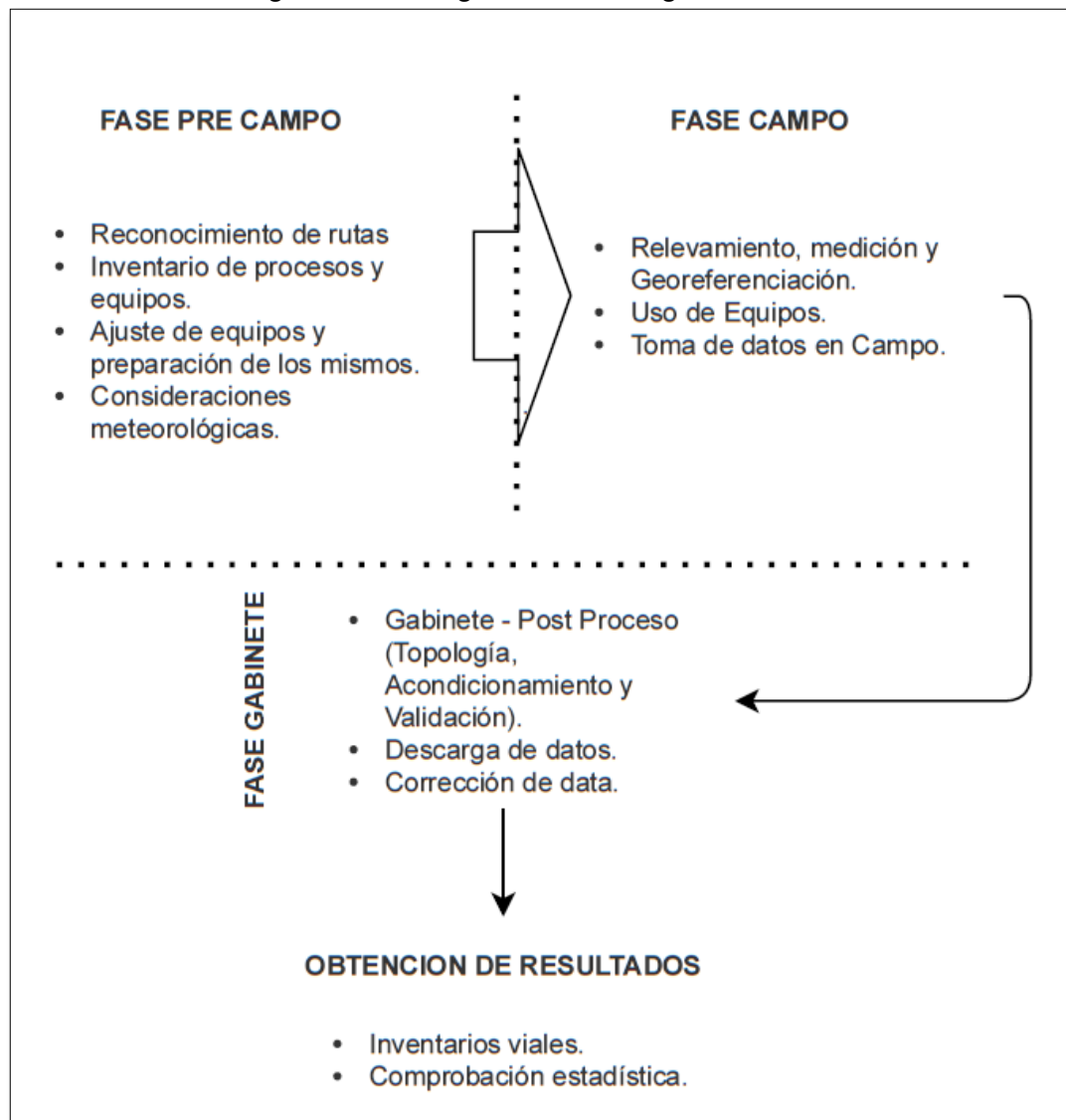
En cambio, la toma de datos con el Imajbox solo se requerirá la programación inicial de cada ruta, y el correcto manejo en cuanto a las velocidades de relevamiento.

Posteriormente se va a revisar y procesar la información obtenida además de corregir los errores correspondientes en cada equipo. E informar los inconvenientes y soluciones dados en el trabajo de toma de datos.

Finalmente se dará los resultados e interpretaciones finales mediante la comparación de datos entre los equipos y luego la comparación con otras investigaciones, que viene a ser la contrastación de los resultados.

En el diagrama adjunto podemos observar las fases la obtención de datos y los procesos requeridos para obtener los resultados.

Figura N° 22: Diagrama Metodológico de la tesis



Fuente: Elaboración propia

3.7.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este trabajo de investigación se empleará como equipos principales los siguientes 3 equipos de recolección de datos:

- Equipos GNSS/GPS:
 - Submétrico Trimble.
 - Navegador.

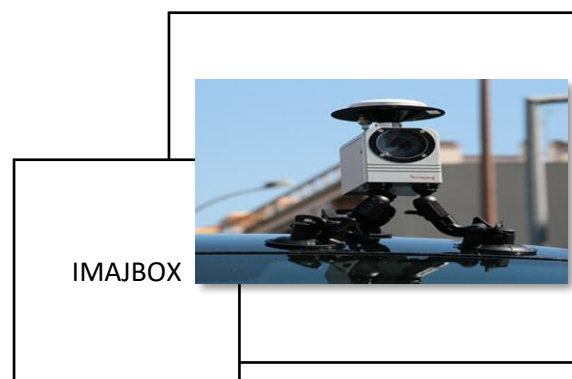
Figura N° 23: Equipos GNSS/GPS.



Fuente: Google.

- Equipo de Mapeo Móvil Inercial:
 - Imajbox que lleva un sensor de movimiento inercia “IMU”

Figura N° 24: Equipo Mapeo Móvil.



Fuente: Google

Tabla N° 19: Características generales de GNSS/GPS

| Denominación | Precisión | Canales | Frecuencias | Operación |
|--------------|--------------|-------------|-----------------|-------------|
| Geodésico | m. | 24, 76, 216 | L1, L2, L2c, L5 | Diferencial |
| Submétrico | < 0.5-1.0 m. | 12, 24, 128 | L1, L2 | Diferencial |
| Navegador | < 1-5 m. | 12, 24 | L1 | Absoluto |

Fuente: Elaboración Propia

También se emplean como herramientas y equipos secundarios los siguientes:

Figura N° 25: Herramientas y Equipos Secundarios



Fuente: Google

También se debe utilizar herramientas y accesorios como: cinta métrica, cono de seguridad, pintura para señalización vial, etc.

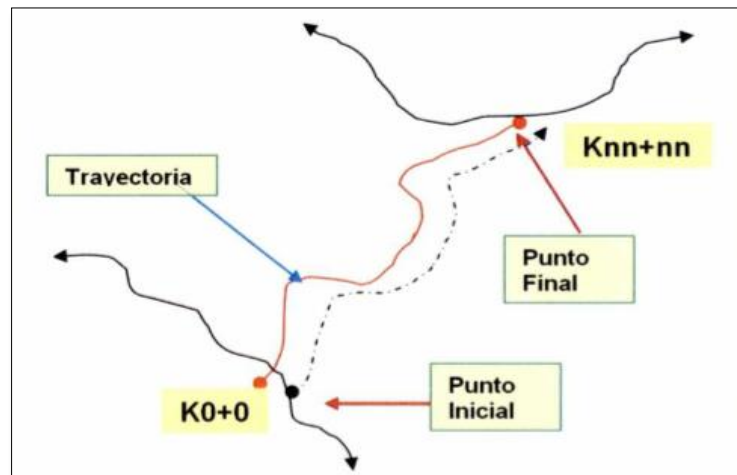
Tabla N° 20: Metodología de levantamiento de información para cada Equipo.

| GNSS/GPS NAVEGADOR | GNSS/GPS SUBMÉTRICO | MAPEO MÓVIL “IMAJBOX” |
|--|--|---|
| Este equipo es empleado para la comparación con los otros equipos debido a que su costo es menor y posible uso ante un reconocimiento en campo o una pequeña oportunidad para el levantamiento de puntos, dependiendo de que la precisión para el trabajo no sea tan exacta. | El GNSS/GPS Submétrico se emplea para obtener mediciones estáticas del punto inicial, punto final, diversos puntos notables y elementos fijos de control; también para la georeferenciación en modo cinemático de la trayectoria de la carretera en la etapa de medición de la vía. El marco internacional de referencia es el ITRF 94 y el sistema de referencia geodésico es el GRS80. | Imajbox es un sistema de cartografía móvil portátil todo en uno, diseñado para realizar la recopilación de datos a alta velocidad para la gestión de activos de infraestructuras de transporte: vías, carreteras, vías navegables y servicios públicos. Es compacto, independiente y listo para usar, se puede instalar en o dentro de cualquier vehículo (automóvil, camión, bicicleta, moto, locomotora, tranvía, quad, tren, barco o bote) sin molestar al conductor. |
| La configuración del receptor GNSS/GPS debe cumplir con el ajuste al Marco de Referencia Terrestre internacional de 1994 (ITRF94) del servicio internacional de rotación de la tierra (IERS), que es el nuevo sistema oficial de referencia geodésica del Perú. | | Los datos brutos (IMU + GNSS/GPS /GLO + imágenes) se procesan mediante algoritmos propios basados en el filtro de Kalman extendido (EKF). |
| <p>Para levantar la información con este equipo se requiere otras personas como apoyo para poder efectuar el trabajo de manera, rápida y eficiente.</p> <p>Ya que en todo el proceso se necesita Tomar dato del punto inicial, final puntos notables y otras estructuras que se encuentran a lo largo de las rutas (banden, rompe muelles, indicadores viales, alcantarillas, puentes, etc.).</p> <p>Se requiere fichas de información las cuales son llenadas por en campo con las características u observación de cada dato o estructura encontrada en las vías.</p> <p>Se requiere un personal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un encargado u Especialista) que maneje el GNSS/GPS y georreferencie la información en cada estructura importante de la ruta. - Un personal que llene información (Estructura levantada, estado de conservación, tipo de material de la vía, cambios notables del ancho de vía) en las fichas u computador. - Asistente de apoyo | | <p>Para levantar la información con este equipo no se requiere tanto personal, solo el chofer y un personal encargado con los conocimientos requeridos de ingeniería y manejo del equipo.</p> <p>Ya que este equipo de mapeo móvil y fotogrametría vertical nos vota información de videos georeferenciadas los cuales se van a procesar en Gabinete con el software Imajview el cual nos permite tomar medidas de ancho de vía, puentes, estructuras, ver el estado de la vía, georeferenciar puntos de control u estructuras.</p> |

Fuente: Elaboración propia.

Se realizará un recorrido completo de todas las rutas, distribuidas de acuerdo a la **Tabla N° 24: Matriz de Desplazamiento (Tiempos)**. ubicaron los siguientes elementos y de acuerdo a las indicaciones obtenidas de la R.D. 09-2014 – MTC/14, “MANUAL DE INVENTARIOS VIALES” proporcionado por el MTC se realizará la adquisición de datos con los equipos teniendo en cuenta los siguientes puntos o elementos.

Figura N° 26: Elementos geo posicionados en una carretera



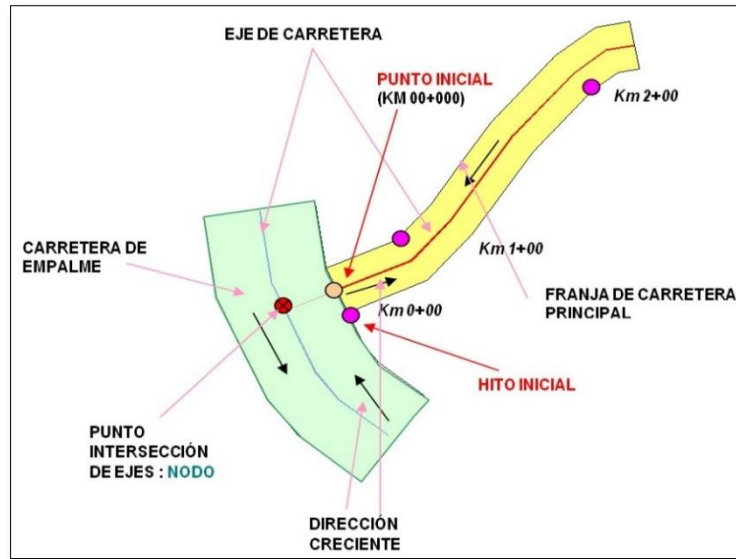
Fuente: Manual de Inventarios Viales

Punto inicial

Para determinar el punto de inicial, se considera algunos factores importantes, como la ruta a relevar o inventariar y la ruta de empalme. Asignándole al punto inicial una progresiva de Km 0.

Se deben realizar georeferenciación de la ruta de empalme entre los hitos kilométricos de la ruta de empalme cercanos al punto de partida esto es con el fin de tener un segmento de empalme y la intersección.

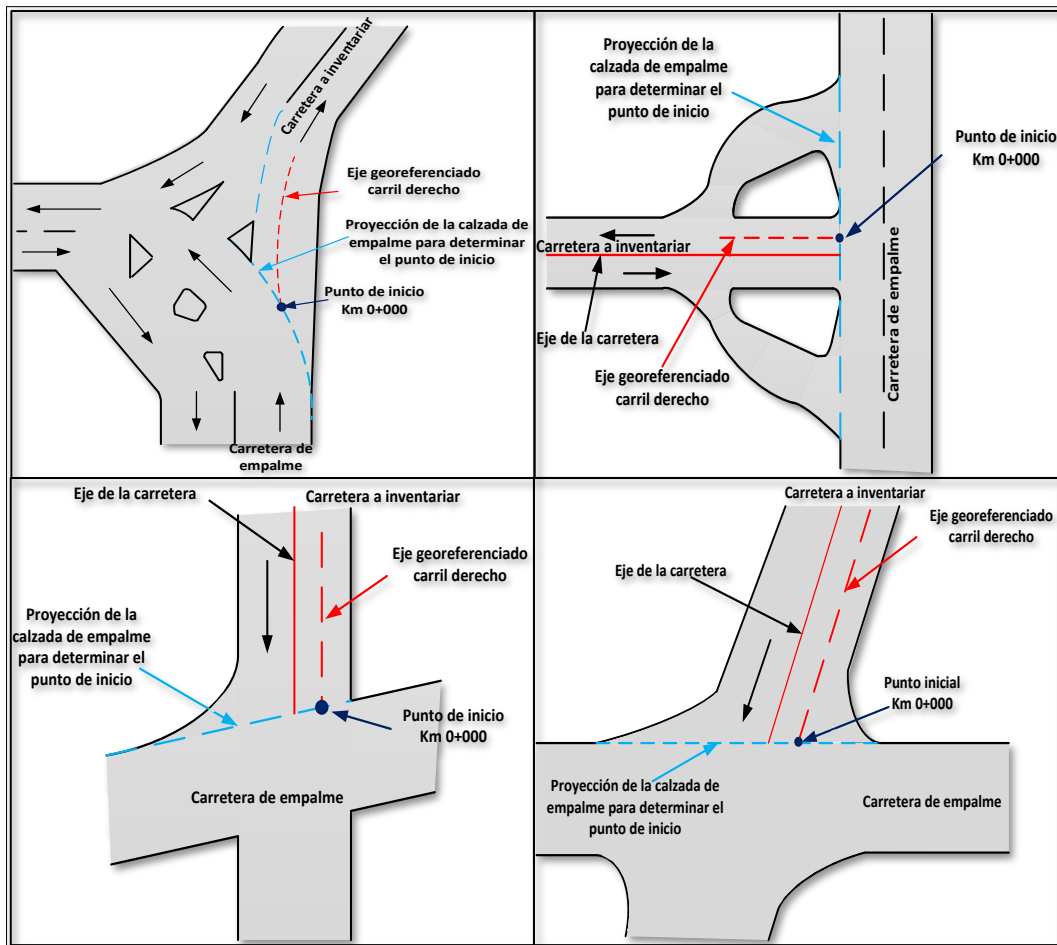
Figura N° 27: Identificación del punto inicial.



Fuente: Manual de Inventarios Viales

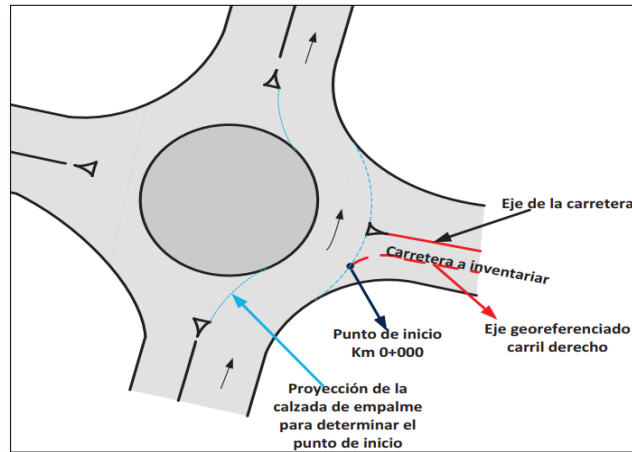
La siguiente figura muestra la posición correspondiente de la intersección de la carretera y el punto inicial.

Figura N° 28: Caso de ubicación del punto inicial - Con carretera de empalme.



Fuente: Manual de Inventarios Viales

Figura N° 29: Caso de ubicación del punto inicial – Con punto inicial en el ovalo.



Fuente: Manual de Inventarios Viales

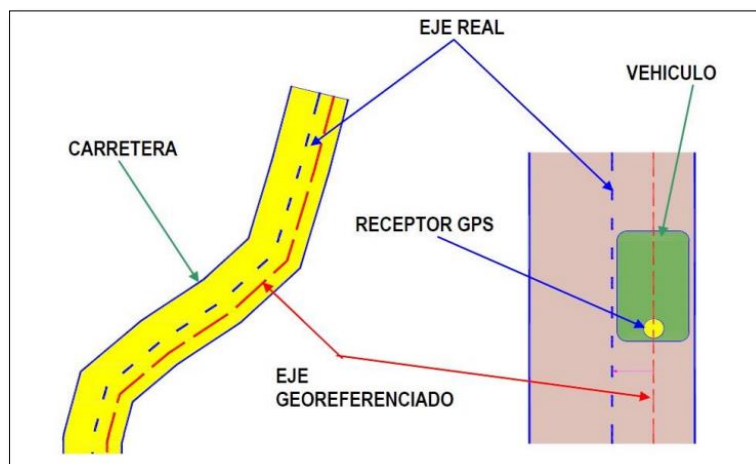
Se revisa y describe esas situaciones ya que en campo se podrían encontrar en el momento de efectuar la medición y relevamiento a pesar de ser Rutas Vecinales, no está demás conocer los alcances que brinda el Manual de inventarios Viales, para así tomar las decisiones correctas en cada una de las rutas.

Geometría del eje de la carretera

En la geometría de una vía, el eje real o eje de carretera el cual es una línea ubicada en la parte central de la franja, que representa la geometría de su trayectoria.

Dado que la antena del receptor GNSS/GPS está ubicado en el punto medio de la parte superior del vehículo, el eje Georeferenciado termina siendo el eje del carril que está a la derecha de la vía.

Figura N° 30: Ubicación del eje real y el eje Georeferenciado de una carretera.



Fuente: Manual de Inventarios Viales

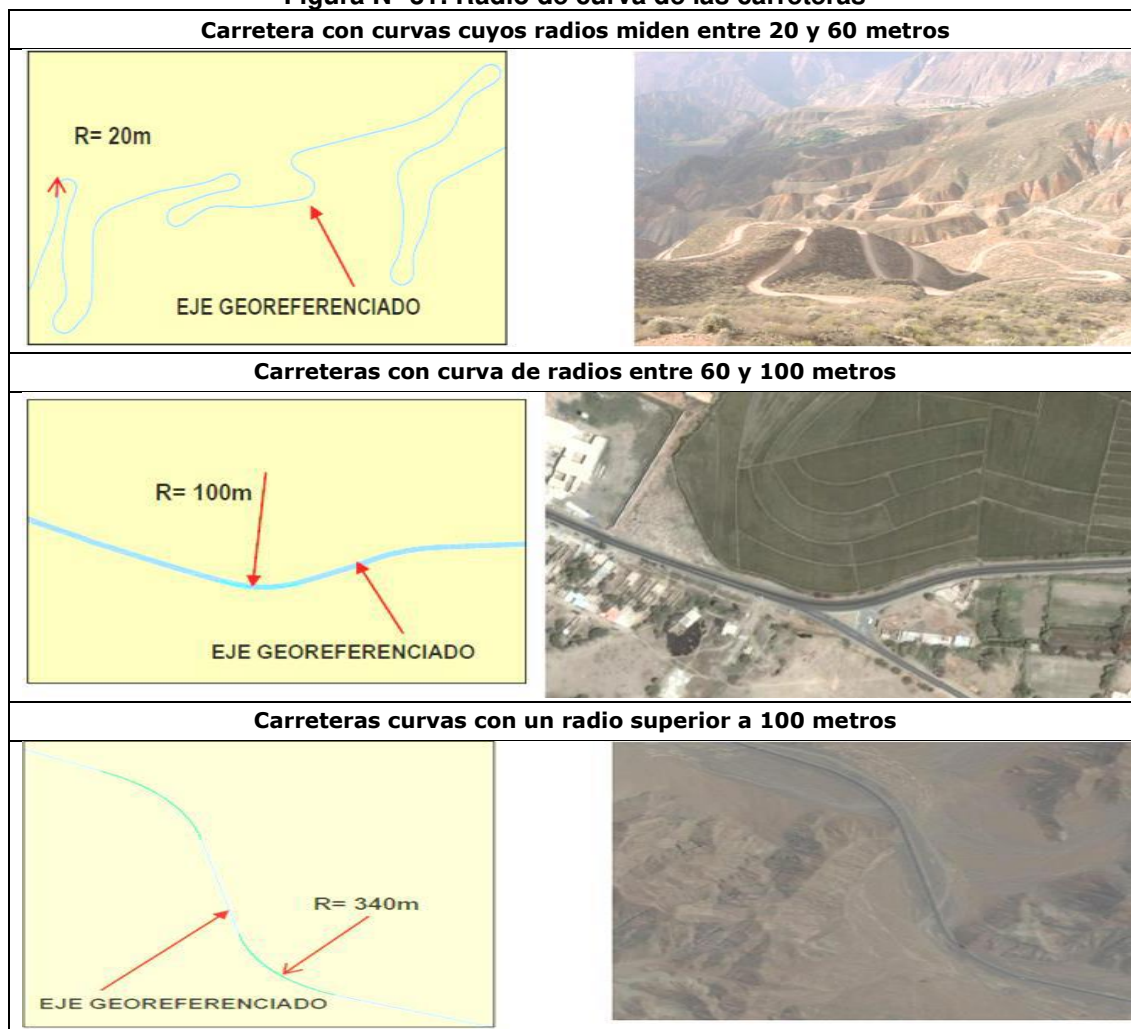
Al registrar la información georeferenciada de la trayectoria, el vehículo debe conducirse con una velocidad establecida en las curvas de modo que el segmento entre cada vértice de línea sea más corto. Estas indicaciones están el siguiente cuadro y figura.

Tabla N° 21: intervalos de velocidades del vehículo

| Intervalo velocidad (Km/hr) | Intervalo radio (m) | Intervalo segmento (m) |
|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| 20 - 30 | 20 - 60 | 6 – 9 |
| 35 – 45 | 60 - 100 | 10 – 13 |
| 50 - 60 | Mayores de 100 | 14 - 17 |

Fuente: Manual de Inventario Vial

Figura N° 31: Radio de curva de las carreteras



Fuente: Manual de Inventarios Viales

Punto final

Existen los siguientes casos:

- Cuando esta se ubica en una población, si el área urbana es densa, se toma el punto a la entrada del pueblo o ciudad, se procura no cruzar la ciudad o pueblo. Como señal de referencia, se considera los postes de alumbrado público, el punto de partida de un puente u otros puntos que pueden tener una visión importante. Si el área Urbana no es densa, se procede a ubicar en el centro de la plaza principal del pueblo.
- En la intersección con otra carretera (empalme), la carretera debe ubicar el punto final en el borde de la carretera de intersección o empalme.
- Cuando está al final de la carretera, es un lugar deshabitado o no hay una ubicación obvia o una carretera de conexión.

Punto notable

Son puntos importantes en el itinerario, como puentes ciudades, centros densamente poblados, aberturas, túneles, etc. Para identificarlos se utiliza el clasificador de rutas del actual sistema vial nacional. Cuando se identifica un punto notable que no está indicado en el clasificador de ruta, se procede a incluir en el itinerario.

Puntos de control

Son puntos inamovibles que se pueden utilizar como referencia para la medición de distancias controladas, incluyendo: intersecciones de carreteras, túneles, puentes, abras u otros.

Ubicación de ciudades o centros poblados en la trayectoria

Los inventarios viales también tienen como objetivo ubicar todas las ciudades o pueblos ubicados a ambos lados de la carretera para elaborar un itinerario que proporcione información sobre su ubicación.

Otro factor importante son los Puentes que muchas veces suelen compartir la trayectoria de la Ruta en su calidad de punto notable y otras veces no, independiente de ello se efectuarán las medidas correspondientes.

Ancho, Largo, Galibo y Elemento por debajo del Puente.

Figura N° 32: Medidas a tomar en los puentes

Ancho

Largo y Galibo

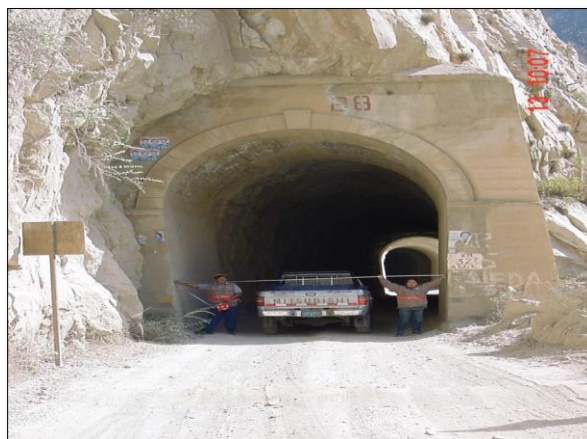


Fuente: Manual de inventario viales

Como parte de los datos a obtenerse de los mismos se tomará también una fotografía donde se pueda apreciar de manera lateral el Puente:

Para el caso de los Túneles se medirá el ancho de los mismos, se tomará sus coordenadas al inicio del mismo, progresiva kilométrica y tal como lo ilustra la siguiente figura.

Figura N° 33: Medidas a tomar en los túneles



Fuente: Manual de inventario viales

A manera de observación se relevarán también en cada cierto cambio de los anchos de calzada el valor variable de los mismos, de modo al que pueda reportarse a nivel de rango, por ejemplo:

Del Km.0+000 al Km. 15+666 (ancho variable de 4 a 5 m)

Del Km.15+666 al Km. 19+666 (ancho variable de 5 a 7 m)

Fotografías: se tomaron vistas de los puntos notables de la vía, luego se ordenaron debidamente rotulado, indicando la ruta, temática y progresiva de los que se muestra en cada registro.

Fichas: Se llena las fichas proporcionadas en el Manual de Inventario vial, donde se coloca información de las estructuras de la vía, ancho de vía, materia y estado u otras observaciones que se presenten en campo.

3.7.2. Datos Crudos.

Una vez finalizado el recorrido de la vía, los datos tomados en campo por el GNSS/GPS Navegador y GNSS/GPS Submétrico, Sistema de mapeo móvil inercial - Imajbox, Odómetro digital y Cámara de video, pasan a la fase de postproceso mediante el software correspondiente.

Para el caso de los datos crudos obtenidos con el GNSS/GPS Navegador y GNSS/GPS Submétrico estos se procesan; obteniéndose finalmente los datos crudos de Track y Waypoint. Y se almacenan los datos de Fotografías, Fichas de campo con los datos relevados.

Para los datos crudos tomados con el Sistema de mapeo móvil inercial - Imajbox, estos se cruzan con los datos de los distintos sensores del equipo (GNSS/GPS, unidades de Movimiento Inercial, Cámara) también se amarra a 2 constelaciones.

Tabla N° 22: Metodología de Post Proceso de la data obtenida con cada Equipo.

| | GNSS/GPS NAVEGADOR | GNSS/GPS SUBMÉTRICO | MAPEO MÓVIL IMAJBOX |
|------------|--|--|--|
| PROCESAR | - | Triangulación | Filtro Kalman |
| DATA CAMPO | Fichas Excel Datos Crudos | Fichas Excel Datos crudos | Datos crudos |
| SOFTWARE | Extraer datos crudos ArcGIS | Extraer datos crudos ArcGIS | Imajview ArcGIS |
| PROCESOS | Validación Topología Base de datos | Validación Topología Base de datos | Validación Topología Base de datos |

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de los GNSS/GPS estos datos se extraen en Track y Waypoint formato 3D para ello se emplea el software “Pathfinder”.

Para el caso de los datos obtenidos con el equipo de mapeo móvil inercial, con el software Imajview se hace el proceso de triangulación y post proceso.

3.7.3. Técnicas de procesamiento, análisis de la base de datos.

La Etapa de Gabinete procesamiento y Análisis de los Datos de Campo en sí, estaría subdividida en varias sub fases: Generación, topología y Edición de la Data Espacial (Track y Waypoint), Georeferenciación de Fotografías, Integración de los datos Vectorial con las fichas de Campo y Fotografías, Data Final.



Fuente: Elaboración Propia

Revisión y Edición Espacial, Topología y Tabular

Se realiza la revisión de la integridad y consistencia de la información tanto la de los Shapefile generados (Topología) y las tablas del itinerario de campo.

Para realizar la verificación, edición y complementación de los ejes geométricos georeferenciados se utilizará personal especializado en el manejo de software de sistemas información geográfica (GIS/CAD), Imajview y de otras herramientas informáticas que sean necesarias para la optimización de los tiempos de procesamiento de la data geoespacial.

En el trabajo de Acondicionamiento y revisión de la data la metodología es diferente, en cuanto a los datos obtenidos con los GNSS/GPS y los obtenidos con el sistema de mapeo móvil inercial - Imajbox.

3.8. Descripción del trabajo de Pre Campo, Campo y Gabinete.

Se empezó con la planificación del levantamiento de información como los clústeres, tiempos, longitud de cada ruta, ubicación y accesibilidad. La adecuada planificación para generar un sistema de trabajo eficaz, donde cuya finalidad fue obtener la información de las rutas georeferenciadas, para poder discutir las metodologías de empleo de cada equipo y que mediante post procesos acondicionados a la data que vote cada equipo; se elabore, ordene u acondicione la información requerida.

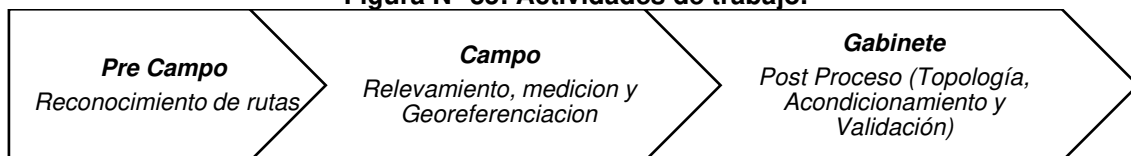
Posteriormente se realizó el trabajo de gabinete con diversos softwares de Sistema de Información Geográfica; como son el ArcGIS, Imajview, Sas Planet, etc., además se utilizó flujos de procesos para agilizar los procesos.

Todos estos procesos se tomaron las precauciones adecuadas, ya que implica operar según las normas e indicaciones establecidas en el Manual de Inventario Vial para obtener los resultados deseados.

Luego de realizar estos procesos en gabinete, ya con resultados geográficos digitales se procedió al análisis e interpretación de estos resultados, ya que el fin del inventario vial es tener la información de las rutas actualizadas para crear ejes de comunicación y desarrollo.

Las actividades fueron las siguientes:

Figura N° 35: Actividades de trabajo.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se describe la metodología y proceso de trabajo con cada uno de los equipos.

3.8.1. Pre Campo (Reconocimiento de rutas):

El reconocimiento de rutas, es la primera de las tres etapas.

En tal sentido se consideró que el reconocimiento estaría reflejado en el cálculo y análisis de los desplazamientos que se seguiría en las rutas a medir, relevar y procesar, empleando la cartografía y otros parámetros como tiempo de trabajo y desplazamiento entre una ruta a inventariar y las siguientes rutas, así como la longitud de cada ruta, y la identificación de rutas nuevas que no se encuentran en el RENAC y/o Clasificador de rutas.

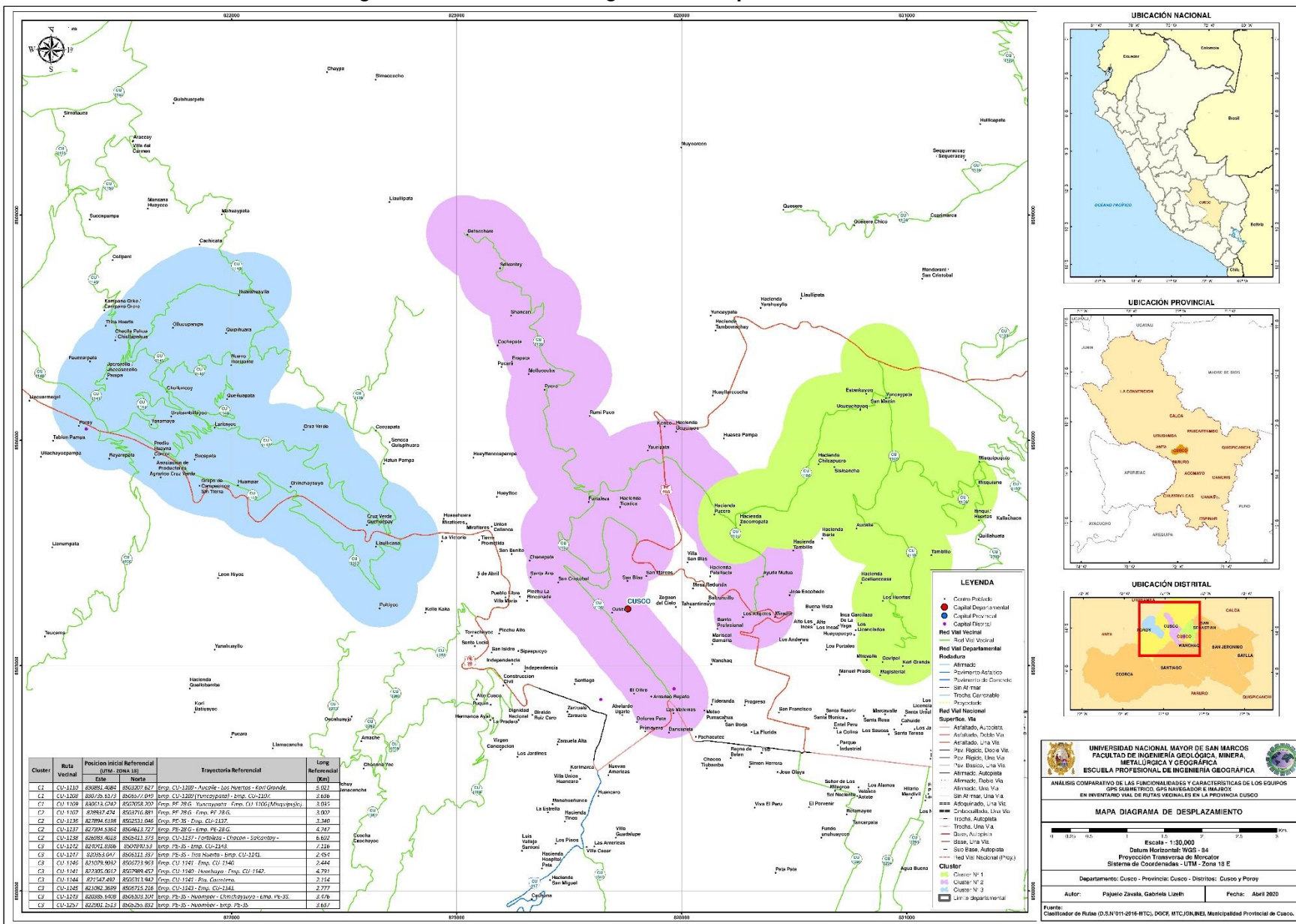
Todo esto se desarrolló con la data obtenida de los portales del MTC de su línea base del SINAC, con la cual se elaboró la matriz de tiempos y los respectivos diagramas de desplazamientos zonificados (clúster), los cuales abordan en cada uno un cierto grupo de rutas a inventariar.

Tabla N° 23: Clúster con las Rutas a relevar

| Clúster | Ruta Vecinal | Posición inicial Referencial (UTM - ZONA 18) | | Trayectoria Referencial | Long Referencial (Km) | Orden |
|---------|--------------|--|-------------|--|-----------------------|-----------|
| | | Este | Norte | | | |
| C1 | CU-1110 | 830881.4084 | 8503207.627 | Emp. CU-1109 - Aucalle - Los Huertos - Kari Grande. | 5.021 | 1 inversa |
| C1 | CU-1108 | 830735.6173 | 8506577.049 | Emp. CU-1109 (Yuncaypata) - Emp. CU-1107. | 3.636 | 2 |
| C1 | CU-1109 | 830613.6242 | 8507058.202 | Emp. PE-28 G - Yuncaypata - Emp. CU-1106 (Misquipujio). | 3.035 | 3 |
| C2 | CU-1107 | 828937.474 | 8503716.881 | Emp. PE-28 G - Emp. PE-28 G. | 3.002 | 0 |
| C2 | CU-1136 | 827894.6198 | 8502531.046 | Emp. PE-3S - Emp. CU-1137. | 3.340 | 1 |
| C2 | CU-1137 | 827394.5364 | 8504613.727 | Emp. PE-28 G - Emp. PE-28 G. | 4.747 | 2 |
| C2 | CU-1138 | 826983.4018 | 8505411.373 | Emp. CU-1137 - Fortaleza - Chacan - Salcantay - Catachara. | 6.692 | 3 |
| C3 | CU-1142 | 824041.8386 | 8504840.53 | Emp. PE-3S - Emp. CU-1143. | 7.116 | 1 inversa |
| C3 | CU-1147 | 820353.047 | 8506111.337 | Emp. PE-3S - Tica Huerta - Emp. CU-1141. | 2.454 | 2 |
| C3 | CU-1146 | 821079.9032 | 8506723.963 | Emp. CU-1141 - Emp. CU-1140. | 2.444 | 3 |
| C3 | CU-1141 | 822305.0612 | 8507989.452 | Emp. CU-1140 - Huarhaya - Emp. CU-1142. | 4.791 | 4 |
| C3 | CU-1144 | 821547.492 | 8506313.942 | Emp. CU-1141 - Pta. Carretera. | 2.114 | 5 |
| C3 | CU-1145 | 821082.3699 | 8506715.216 | Emp. CU-1143 - Emp. CU-1141. | 2.777 | 6 inversa |
| C3 | CU-1143 | 820385.6408 | 8506103.104 | Emp. PE-3S - Huampar - Chinchaysuyo - Emp. PE-3S. | 3.476 | 7 |
| C3 | CU-1257 | 822901.1513 | 8505255.832 | Emp. PE-3S - Huambar - Emp. PE-3S | 3.637 | 8 |

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 36: Modelo de Diagrama de Desplazamiento Zonificado



Fuente: Elaboración Propia.

La denominada matriz de desplazamiento (Tiempos), indica las tareas a realizar cada día de campo, incluyendo la velocidad promedio que permitirá calcular los tiempos posibles en la recolección de datos en campo. La tabla resultante contendrá básicamente los siguientes campos: Clúster, Ruta, Posición inicial, trayectoria referencial, Longitud de Desplazamiento y Relevamiento, Tiempo a emplear en la toma de datos de cada ruta.

Tabla N° 24: Matriz de Desplazamiento (Tiempos).

| Datos Generales | | | | | | | | | | Desplazamiento | | | Relevamiento | | | |
|-----------------|---------|-----|---------------|---------------|---------------|--|------------|---------|------------------|----------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------|-------------|----------------------------|
| Ítem | Clúster | Día | Hora Inicio | Hora Fin | Equipo | Posición Inicial Referencial (UTM - Zona 18) | | Ruta | Long. Ruta (Km.) | Long (Km.) | Duración (Hhmmss) | Duración (Hhmmss) | TIEMPO | | | Tiempo De Trabajo Efectivo |
| | | | | | | Este | Norte | | | | | | Punto Inicial | Calificación | Punto Final | |
| 1 | C1 | 1 | 08:00:00 a.m. | 08:30:04 a.m. | Imajbox | 830881.408 | 8503207.63 | CU-1110 | 5.021 | 3.000 | 0:04:30 | 0:15:04 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:30:04 |
| 2 | | 1 | 08:30:04 a.m. | 08:55:58 a.m. | | 830735.617 | 8506577.05 | CU-1108 | 3.636 | 3.000 | 0:04:30 | 0:10:54 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:25:54 |
| 3 | | 1 | 08:55:58 a.m. | 09:20:05 a.m. | | 830613.624 | 8507058.2 | CU-1109 | 3.035 | 7.000 | 0:10:30 | 0:09:06 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:24:06 |
| 4 | C2 | 1 | 09:20:05 a.m. | 09:44:05 a.m. | | 828937.474 | 8503716.88 | CU-1107 | 3.002 | 1.000 | 0:01:30 | 0:09:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:24:00 |
| 5 | | 1 | 09:44:05 a.m. | 10:09:06 a.m. | | 827894.62 | 8502531.05 | CU-1136 | 3.340 | 15.000 | 0:22:30 | 0:10:01 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:25:01 |
| 6 | | 1 | 10:09:06 a.m. | 10:38:21 a.m. | | 827394.536 | 8504613.73 | CU-1137 | 4.747 | 2.000 | 0:03:00 | 0:14:15 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:29:15 |
| 7 | | 1 | 10:38:21 a.m. | 11:13:25 a.m. | | 826983.402 | 8505411.37 | CU-1138 | 6.692 | 1.000 | 0:01:30 | 0:20:05 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:35:05 |
| 8 | C3 | 1 | 11:13:25 a.m. | 11:49:46 a.m. | | 824041.839 | 8504840.53 | CU-1142 | 7.116 | 7.000 | 0:10:30 | 0:21:21 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:36:21 |
| 9 | | 1 | 11:49:46 a.m. | 12:12:08 p.m. | | 820353.047 | 8506111.34 | CU-1147 | 2.454 | 9.000 | 0:13:30 | 0:07:22 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:22:22 |
| 10 | | 1 | 12:12:08 p.m. | 12:34:28 p.m. | | 821079.903 | 8506723.96 | CU-1146 | 2.444 | 4.000 | 0:06:00 | 0:07:20 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:22:20 |
| 11 | | 1 | 12:34:28 p.m. | 01:03:50 p.m. | | 822305.061 | 8507989.45 | CU-1141 | 4.791 | 3.000 | 0:04:30 | 0:14:22 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:29:22 |
| 12 | | 1 | 01:03:50 p.m. | 01:25:11 p.m. | | 821547.492 | 8506313.94 | CU-1144 | 2.114 | 1.000 | 0:01:30 | 0:06:20 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:21:20 |
| 13 | | 1 | 01:25:11 p.m. | 01:48:31 p.m. | | 821082.37 | 8506715.22 | CU-1145 | 2.777 | 1.000 | 0:01:30 | 0:08:20 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:23:20 |
| 14 | | 1 | 01:48:31 p.m. | 02:13:56 p.m. | | 820385.641 | 8506103.1 | CU-1143 | 3.476 | 3.000 | 0:04:30 | 0:10:26 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:25:26 |
| 15 | | 1 | 02:13:56 p.m. | 02:39:51 p.m. | | 822901.151 | 8505255.83 | CU-1257 | 3.637 | 1.000 | 0:01:30 | 0:10:55 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:05:00 | 0:25:55 |
| 16 | | C1 | 2 | 08:00:00 a.m. | 08:45:04 a.m. | 830881.408 | 8503207.63 | CU-1110 | 5.021 | 3.000 | 0:04:30 | 0:15:04 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:45:04 |
| 17 | 2 | | 08:45:04 a.m. | 09:25:58 a.m. | 830735.617 | 8506577.05 | CU-1108 | 3.636 | 3.000 | 0:04:30 | 0:10:54 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:40:54 | |
| 18 | 2 | | 09:25:58 a.m. | 10:05:05 a.m. | 830613.624 | 8507058.2 | CU-1109 | 3.035 | 7.000 | 0:10:30 | 0:09:06 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:39:06 | |
| 19 | C2 | 2 | 10:05:05 a.m. | 10:44:05 a.m. | 828937.474 | 8503716.88 | CU-1107 | 3.002 | 1.000 | 0:01:30 | 0:09:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:39:00 | |
| 20 | | 2 | 10:44:05 a.m. | 11:24:06 a.m. | 827894.62 | 8502531.05 | CU-1136 | 3.340 | 15.000 | 0:22:30 | 0:10:01 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:40:01 | |
| 21 | | 2 | 11:24:06 a.m. | 12:08:21 p.m. | 827394.536 | 8504613.73 | CU-1137 | 4.747 | 2.000 | 0:03:00 | 0:14:15 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:44:15 | |
| 22 | C3 | 2 | 12:08:21 p.m. | 12:58:25 p.m. | 826983.402 | 8505411.37 | CU-1138 | 6.692 | 1.000 | 0:01:30 | 0:20:05 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:50:05 | |
| 23 | | 2 | 12:58:25 p.m. | 01:49:46 p.m. | 824041.839 | 8504840.53 | CU-1142 | 7.116 | 7.000 | 0:10:30 | 0:21:21 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:51:21 | |
| 24 | | 2 | 01:49:46 p.m. | 02:27:08 p.m. | 820353.047 | 8506111.34 | CU-1147 | 2.454 | 9.000 | 0:13:30 | 0:07:22 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:37:22 | |
| 25 | | 2 | 02:27:08 p.m. | 03:04:28 p.m. | 821079.903 | 8506723.96 | CU-1146 | 2.444 | 4.000 | 0:06:00 | 0:07:20 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:37:20 | |
| 26 | | 2 | 03:04:28 p.m. | 03:48:50 p.m. | 822305.061 | 8507989.45 | CU-1141 | 4.791 | 3.000 | 0:04:30 | 0:14:22 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:44:22 | |
| 27 | | 2 | 03:48:50 p.m. | 04:25:11 p.m. | 821547.492 | 8506313.94 | CU-1144 | 2.114 | 1.000 | 0:01:30 | 0:06:20 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:36:20 | |
| 28 | | 2 | 04:25:11 p.m. | 05:03:31 p.m. | 821082.37 | 8506715.22 | CU-1145 | 2.777 | 1.000 | 0:01:30 | 0:08:20 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:38:20 | |
| 29 | | 2 | 05:03:31 p.m. | 05:43:56 p.m. | 820385.641 | 8506103.1 | CU-1143 | 3.476 | 3.000 | 0:04:30 | 0:10:26 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:40:26 | |
| 30 | | 2 | 05:43:56 p.m. | 06:24:51 p.m. | 822901.151 | 8505255.83 | CU-1257 | 3.637 | 1.000 | 0:01:30 | 0:10:55 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:10:00 | 0:40:55 | |

Fuente: Elaboración Propia

También se elaboró las fichas de campo para tomar anotaciones de las rutas.

Tabla N° 25: Ficha de Campo

| FICHA DE CAMPO | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|--------------|--|--|-----------------|-----------|------------|--|-----------------|--|--|
| RUTA: | | DPTO.: | | | PROV.: | | N° PAG: | | OTROS DETALLES: | | |
| HORA INICIO: | | RESPONSABLE: | | | HORA FINAL: | | | | | | |
| ODÓMETRO INICIO: | | | | | ODÓMETRO FINAL: | | | | | | |
| FECHA: | | SUPERVISOR: | | | FUENTE: | NAVEGADOR | SUBMÉTRICO | | | | |

| ÍTEM | PUNTO | ELEMENTO | PROG_KM | SUPERFICIE | ESTADO | FIPO_PTC | FOTO | LARGO | ANCHO | ALTO | OBSERVACIÓN |
|------|-------|----------|---------|------------|--------|----------|------|-------|-------|------|-------------|
| 1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 37: Modelo de llenado de Hoja de Campo

| ITEM | PUNTO | ELEMENTO | PROG_KM | SUPERFICIE | ESTADO | TIPO_PTO | FOTO | LARGO | ANCHO | ALTO |
|------|-----------------------|----------|---------|------------|--------|----------|------|-------|-------|------|
| 1 | EMP. ... | PI | | NP | B | PN | E | | | |
| 2 | KM 0+125 | CT | | P | R | PR | NE | | | |
| 3 | KM 0+990 | PTON | | NP | M | PK | | | | |
| 4 | COMUNIDAD QUISQUINI | CP | | NP | | PP | | | | |
| 5 | AFIRMADO- NO AFIRMADO | CS | | NP | | | | | 4.20 | |

| ELEMENTO | ABREVIATURA |
|-------------------|-------------|
| EMPALME | EMP. |
| PUNTO INICIAL | PI |
| PUNTO FINAL | PF |
| HITO KILOMETRICO | HK |
| PUNTO KILOMETRICO | K |
| BADEN | BD |
| DV LADO DERECHO | DV.DE |
| DV LADO IZQUIERDO | DV.IZ |
| CRUCE VIA | CV |
| PUENTE | PTE |
| ALCANTARILLA | ALL |
| CENTRO POBLADO | CP |
| PONTON | PTON |
| CRUCE TREN | CT |
| CAMBIO SUPERFICIE | CS |
| RIO | R |

| PUNTO (NOMBRE PROPIO) |
|-------------------------------|
| EMP. PE-3S (KM 1128+374) |
| KM 00+250 |
| CIUDAD SICUANI |
| KIMBIRI ALTO |
| VISTA ALEGRE BAJA |
| BUENA VISTA |
| PUERTO RICO |
| SANTO TOMAS |
| ALCANTARILLA (KM 05+230) |
| BADEN CONCRETO/PIEDRA/NATURAL |
| PTA CARRETERA |
| L.D. PUNO |

| TIPO_PTO | DESCRIPCION |
|----------|---|
| PN | PUNTO NOTABLE (CLASIFICADOR) |
| PK | PUNTO KILOMETRICO |
| PP | PUNTO PROPUESTO (CONSIDERADO PARA SER PN) |
| PR | PUNTO DE RUTA (CUALQUIER OTRO PUNTO) |

Fuente: Elaboración Propia - Manual de Inventario vial

3.8.2. Campo (Relevamiento, medición y Georeferenciación):

Para el desarrollo de la fase de campo se emplearon 2 días de trabajo, siendo el Día 1 la recolección de datos con el equipo de mapeo móvil inercial y el Día 2 obtención de datos con los equipos GNSS/GPS Submétrico y GNSS/GPS Navegador.

La obtención de datos de inventario de carreteras incluye la captura de datos en tiempo real, con herramientas informáticas que se utilizan para gestionar el almacenamiento de la información capturada. Cuya función es registrar información para posteriormente procesar los datos en gabinete.

- Se implementó el equipo logístico requerido por el relevamiento con cada equipo (sistema de mapeo móvil inercial – Imajbox, GNSS/GPS Navegador y GNSS/GPS Submétrico). Primero se describen los equipos complementarios que se requiere para cada equipo de georeferenciación:
 - Vehículo de transporte: camioneta 4 x 4.
 - Computador Portátil: Dispositivo para almacenar y tratar la información del sistema de mapeo móvil inercial - Imajbox y los equipos GNSS/GPS, también como el almacenamiento de fotografías, videos, odómetro, etc.
 - Odometro: mide la distancia recorrida por un vehículo.
 - Radar Doppler: Para no para la obtención de información en lugares sin señal GNSS, área urbana muy densa, zonas encañonadas, etc.
- Se procede a la instalación y calibración de los equipos requeridos con las indicaciones correspondientes detalladas en el **Capítulo 3**.

Tabla N° 26: Modo de calibración de los Equipo.

| EQUIPOS | CALIBRACIÓN / CONFIGURACIÓN |
|--------------------------------|--|
| GNSS/GPS NAVEGADOR | Ajustarse al (ITRF94) del (IERS) o GLONAS y GALILEO GALILEI. <ul style="list-style-type: none">- Dátum WGS 84- Coordenadas geodésicas: Latitud, Longitud y altitud elipsoidal- Intervalo de registro o grabación: 1 seg- Número mínimo de satélite: 4 |
| GNSS/GPS SUBMÉTRICO | |
| MAPEO MÓVIL INERCIAL - IMAJBOX | |
| ODÓMETRO | De acuerdo al manual del fabricante. |
| ODÓMETRO - RADAR DOPPLER | Instalación sencilla, no requiere calibración. |

Fuente: Elaboración propia.

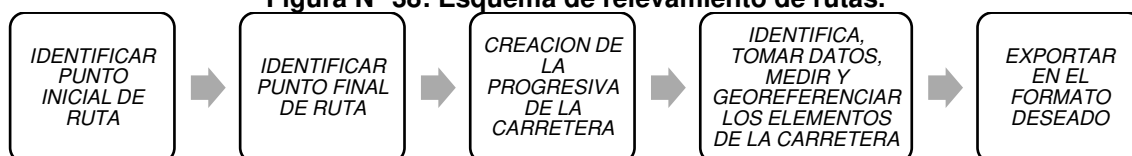
Cada uno de los equipos principales requiere equipos complementarios, instrumentos y personal diferenciándose en la siguiente tabla.

Tabla N° 27: Instrumentos u accesorios complementarios para cada Equipo.

| INSTRUMENTOS U ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS | GNSS/GPS NAVEGADOR | GNSS/GPS SUBMÉTRICO | MAPEO MÓVIL INERCIAL IMAJBOX |
|---|--------------------|---------------------|------------------------------|
| Vehículo 4 x 4 | Si | Si | Si |
| Odómetro Digital | Si | Si | Si |
| Odómetro - Radar Doppler | No | No | Si |
| Disco duro Externo/ USB | Si | Si | Si |
| Computador Portátil | Si | Si | Si |
| Cámara de Video | Si | Si | No |
| Cámara de fotografía | Si | Si | No |
| Cinta Métrica | Si | Si | No |
| # Personal (Operador de equipo) | 1 | 1 | 1 |
| # de Personales adicionales al conductor (Asistentes) | 2 | 2 | 0 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 38: Esquema de relevamiento de rutas.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecido todo lo anterior y con las consideraciones meteorológicas adecuadas se inició el trabajo de campo.

Día 1: Equipo de Mapeo Móvil Inercial

El día 1 se tomó la información de las rutas seleccionadas empleando el equipo de Mapeo Móvil Inercial “Imajbox”, donde solo se requirió de un chofer y mi persona para el levantamiento de la información.

Tabla N° 28: Funciones del Operador del Equipo de Mapeo Móvil Inercial - Imajbox

| Operador |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Apoyo e indicación al chofer para el desplazamiento hacia el punto inicial de cada ruta - Controlar y anotar los tiempos de desplazamiento y relevamiento - Manejo del equipo en cuanto a la configuración de las rutas (Track y Waypoint) - Anotar posibles observaciones o inconvenientes presentados. |

Fuente: Elaboración propia.

En el **Capítulo 3** se explicó su método de manejo, consistió en instalar el dispositivo en la parte central externa del vehículo, se conectó a la fuente de energía del vehículo, el dispositivo de almacenamiento USB, y finalmente desde el dispositivo Android se configuró la captación de satélites y la programación de la ruta a relevar.

Además, se requirió instalar el radar odómetro Doppler el cual se fija en el lateral del vehículo con imanes y se conecta directamente al equipo Imajbox, y los datos se almacenan directamente con los datos de medición.

Figura N° 39: Instalación y Auto calibración del equipo de mapeo móvil inercial Imajbox

| Instalación | Luces de auto calibración | Configuración desde dispositivo |
|---|---|---|
|  |  |  |

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 40: Instalación del Odómetro Doppler en el exterior del vehículo



Fuente: Elaboración Propia

Se llegó al punto inicial de cada ruta en el orden indicado en la **Tabla N° 24: Matriz de Desplazamiento (Tiempos)**. y la **Figura N° 36: Modelo de Diagrama de Desplazamiento Zonificado**.

Se identificó el punto inicial y se procedió a tomar una fotografía con la codificación de la ruta a relevar, y se continuó el recorrido con la velocidad promedio indicada en el **Capítulo 4. Tabla N° 21: intervalos de velocidades del vehículo** hasta llegar al final de la ruta donde nuevamente se tomaba una fotografía con la codificación de ruta e indicando que es el final de la ruta (Punto Final). (Las imágenes u fotografías fueron tomadas por la cámara integrada en el equipo mapeo móvil inercial).

Día 2: Equipos GNSS/GPS Navegador y GNSS/GPS Submétrico.

Para el Día 2 se programó el trabajo de campo con los equipos GNSS/GPS Navegador y Submétrico.

Para realizar el trabajo de relevamiento con estos equipos GNSS/GPS se requirió de

- 1 chofer
- 1 operador del GNSS/GPS Navegador
- 1 operador del GNSS/GPS Submétrico
- 2 asistentes de apoyo

Siendo las funciones de cada uno las siguientes:

Tabla N° 29: Funciones del personal para el relevamiento con los equipos GNSS/GPS.

| Operadores GNSS/GPS Submétrico y Navegador | Asistente 1 | Asistente 2 |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Instalación y configuración de los equipos en el vehículo.- Apoyo e indicación al chofer para el desplazamiento hacia el punto inicial de cada ruta. | Controlar y anotar los tiempos de desplazamiento y relevamiento. | Controlar y anotar los tiempos de desplazamiento y relevamiento. |
| Concentración y comunicación entre todos en cuanto a la toma de información de las características y estructuras de las vías. | | |
| <ul style="list-style-type: none">- Anotar las medidas del odómetro y programar para la siguiente medición de cada ruta.- Manejo del equipo en cuanto a la configuración de las rutas (Track y Waypoint). | Llenado de las fichas asignadas para el levantamiento de la información. | <ul style="list-style-type: none">- Avisar el acercamiento de alguna estructura, cambio de superficie o daño en la vía.- Toma de fotografía de los puntos tomados. |

Fuente: Elaboración Propia.

El GNSS/GPS Submétrico por tratarse de una herramienta rápida y precisa, permitió grabar las localizaciones de los objetos (puntos, líneas) y a la vez introducir información descriptiva y detallada acerca del objeto, además de ganar precisión submétrica. Este equipo GNSS/GPS se instaló en el vehículo conectado a la antena, al receptor y colector mediante un sistema de cables.

Para el relevamiento con los equipos GNSS/GPS, se requirió otros equipos y herramientas aparte los cuales fueron mencionados en el **Punto 3.7.1-Figura N° 25: Herramientas y Equipos Secundarios** como el odómetro, cinta métrica (guincha) y las fichas de campo **Tabla N° 25: Ficha de Campo**.

En el **Capítulo 3** se explicó su método de instalación y calibración de los equipos el cual consistió en:

- instalar el equipo Rover en la parte central externa del vehículo
- Instalar el equipo odómetro en el aro del vehículo para que tome la medida de distancia de las rutas a relevar.

- conectar al equipo Submétrico, programar para que la toma de puntos que forman los Track se de cada segundo de igual manera se conecta a la fuente de energía del vehículo, se configura la captación de los satélites, datos de la ruta a relevar.
- Configurar la cámara de fotografía para que tome las fotos Georeferenciadas.
- Disponer de las fichas de campo para ser llenadas.

Se llegó al punto inicial de cada ruta en el orden indicado en la Tabla N° 24 Matriz de Desplazamiento (Tiempos), y la Figura N° 36: Modelo de Diagrama de Desplazamiento Zonificado.

A igual que el Día 1 se identificó el punto inicial y se procedió a tomar la fotografía con la codificación de la ruta a relevar, se midió el ancho de la vía y se anotó el tipo de superficie y estado, se continuó el recorrido con la velocidad promedio indicada en el **Capítulo 3. Tabla N° 21: intervalos de velocidades del vehículo** tomando nota y fotografías de las estructuras que conformaban las vías, el tipo de superficie ancho de vía en caso cambiara y su estado, Longitud y ancho de puentes, hasta llegar al final de la ruta donde nuevamente se tomó una fotografía con la codificación de ruta e indicando que es el final de la ruta (Punto Final) y se midió el ancho de vía nuevamente.

Figura N° 41: Fotografías del Trabajo en campo.
Punto Inicial Medición del Ancho de la Vía



Pontón



desvío Lado Derecho



Fuente: Elaboración Propia.

Todos los datos adquiridos con apoyo del software de descarga de datos de los equipos utilizado Como se mencionó en el **punto 4.7 “Datos Crudos”** se pasó a una base de datos

“Crudos” donde se almacenaban los datos Vectores Track (línea) y Waypoint (Punto), Fotografías, Videos y las fichas de campo para poder pasar a la fase de post proceso.

3.8.3. Gabinete - Post Proceso (Topología, Acondicionamiento y Validación)

En esta fase se acondicionan los datos de campo se ordenan, acondicionan, integran y validan para llevar a cabo el correcto análisis de las vías relevadas. Empleando software y herramientas de los Sistemas de información Geográfica.

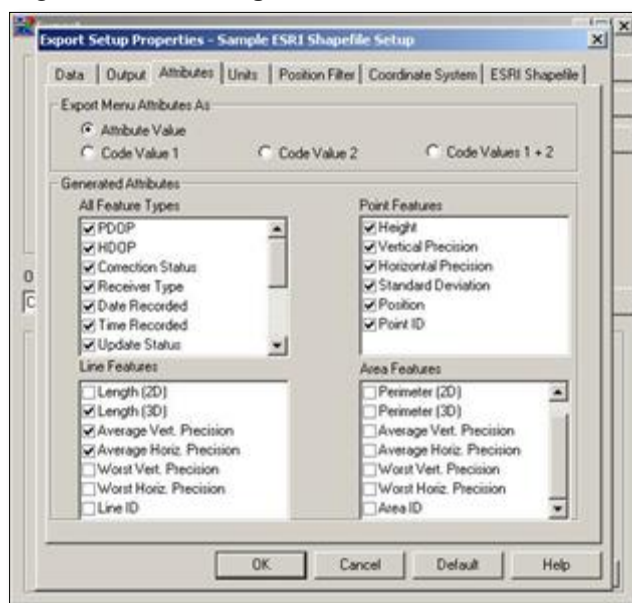
Es diferente el flujo de trabajo aplicado a la data dada por cada equipo ya que en caso de los GNSS/GPS la data será integrada con las fichas de campo, para tener como resultado la ubicación de cada dato tomado integrado con la información de las fichas plasmándolo en un sistema de información geográfica empleando flujos de trabajo de la plataforma ArcGIS.

En caso de los datos obtenidos con el equipo de mapeo móvil Inercial - Imajbox pasan a la fase de post proceso con el software Imajview, donde recién se tomará los datos a nivel de tipo de superficie, ancho, estado, y coordenadas de cada características, punto u estructura que forma parte de las vías.

Equipos GNSS/GPS

Se extrajo los datos vectores Track y Waypoint 3D con el software “Pathfinder”. Se corrigió los errores de posición.

Figura N° 42: Configuración Software “Pathfinder”



Fuente: software “Pathfinder”. Trimble

Las fichas de campo se transcribieron en formato Excel, para poder ser integrada en el flujo de trabajos del post proceso junto con los datos vectores, de tal modo que coincida los puntos con las fichas de campo y añadirle además otros datos de ubicación política y geometría.

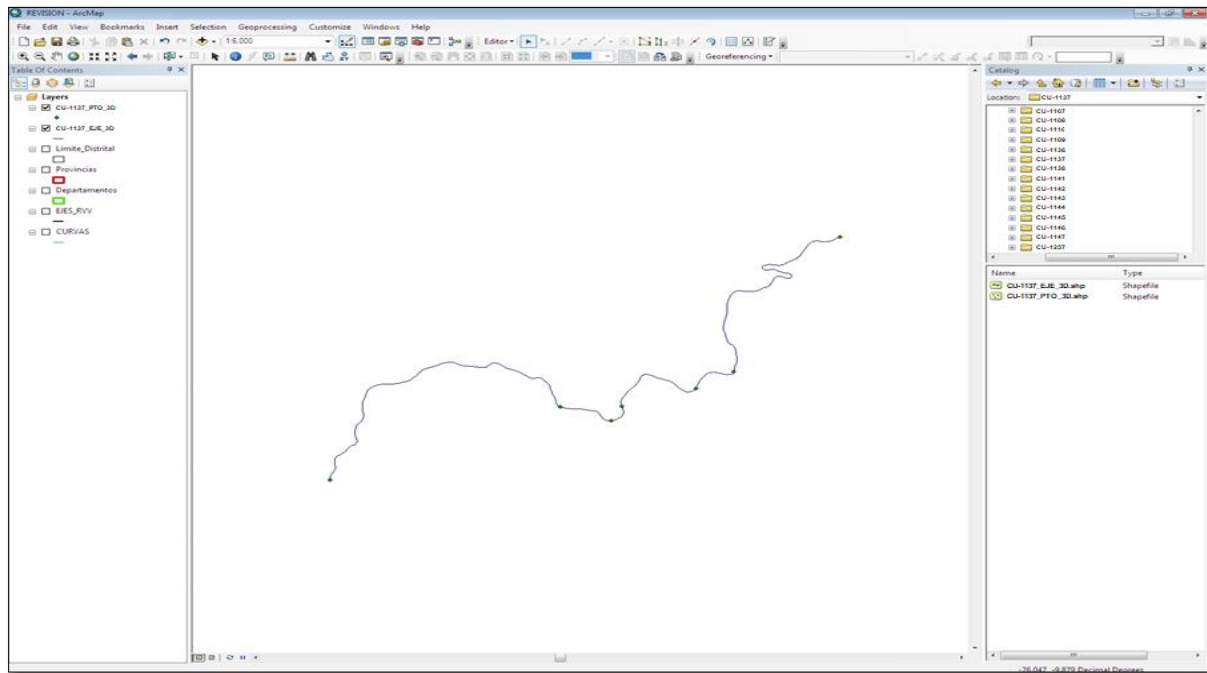
Tabla N° 30: Ficha de campo transcritas al Excel

| FICHA DE CAMPO | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|-------------------|---------|----------------|---------|-----------------|-----------|------------|---------|------|-----------------|
| RUTA: CU-1147 | | DPTO.: CUSCO | | | | PROV.: CUSCO | | | N° PAG: | | OTROS DETALLES: |
| HORA INICIO: | | RESPONSABLE: | | | | HORA FINAL: | | | | | |
| ODÓMETRO INICIO: 2.490 | | | | | | ODÓMETRO FINAL: | | | | | |
| FECHA: | | SUPERVISOR: | | | | FUENTE: | NAVEGADOR | SUBMÉTRICO | | | |
| ÍTEM | PUNTO | ELEMENTO | PROG_KM | SUPERFICIE | ESTADO | TIPO_PTC | FOTO | LARGO | ANCHO | ALTO | OBSERVACIÓN |
| 1 | EMP. PE-3S (POROY) | PUNTO INICIAL | 0 | PAVIMENTADO | BUENO | PN | E | | 4 | | |
| 2 | CRUCE DE TREN | RIEL | 0.027 | PAVIMENTADO | BUENO | PR | E | | 4 | | |
| 3 | PUENTE POROY | PUENTE | 0.285 | PAVIMENTADO | BUENO | PP | E | 27.5 | 3.8 | 3.4 | |
| 4 | KM 00+297 | CAMBIO SUPERFICIE | 0.297 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 5 | DV LADO IZQUIERDO (EMP. CU-1148) | DESVÍO | 0.456 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 6 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 0.678 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 7 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 0.77 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 8 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 0.912 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 9 | KM 01+000 | PUNTO KILOMÉTRICO | 1 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PK | NE | | 4 | | |
| 10 | CCPP. TICA HUERTA | CENTRO POBLADO | 1.088 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PN | E | | 4 | | |
| 11 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 1.296 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 12 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 1.66 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 13 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 1.756 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 14 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 1.88 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 15 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 2 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 16 | KM 02+000 | PUNTO KILOMÉTRICO | 2 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PK | NE | | 4 | | |
| 17 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 2.182 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 18 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 2.262 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 19 | DV LADO IZQUIERDO (EMP. CU-1149) | DESVÍO | 2.355 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | E | | 4 | | |
| 20 | ALCANTARILLA | ALCANTARILLA | 2.444 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PR | NE | | 4 | | |
| 21 | EMP. CU-1141 | PUNTO FINAL | 2.492 | NO PAVIMENTADO | REGULAR | PN | E | | 4.2 | | |

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de este proceso de acondicionamiento, se modificó las rutas que fueron relevadas en sentido inverso, se creó puntos kilométricos que lamentablemente en campo no se visualizó, Se validó los datos anchos de vías. Longitud de Pontones y Puentes.

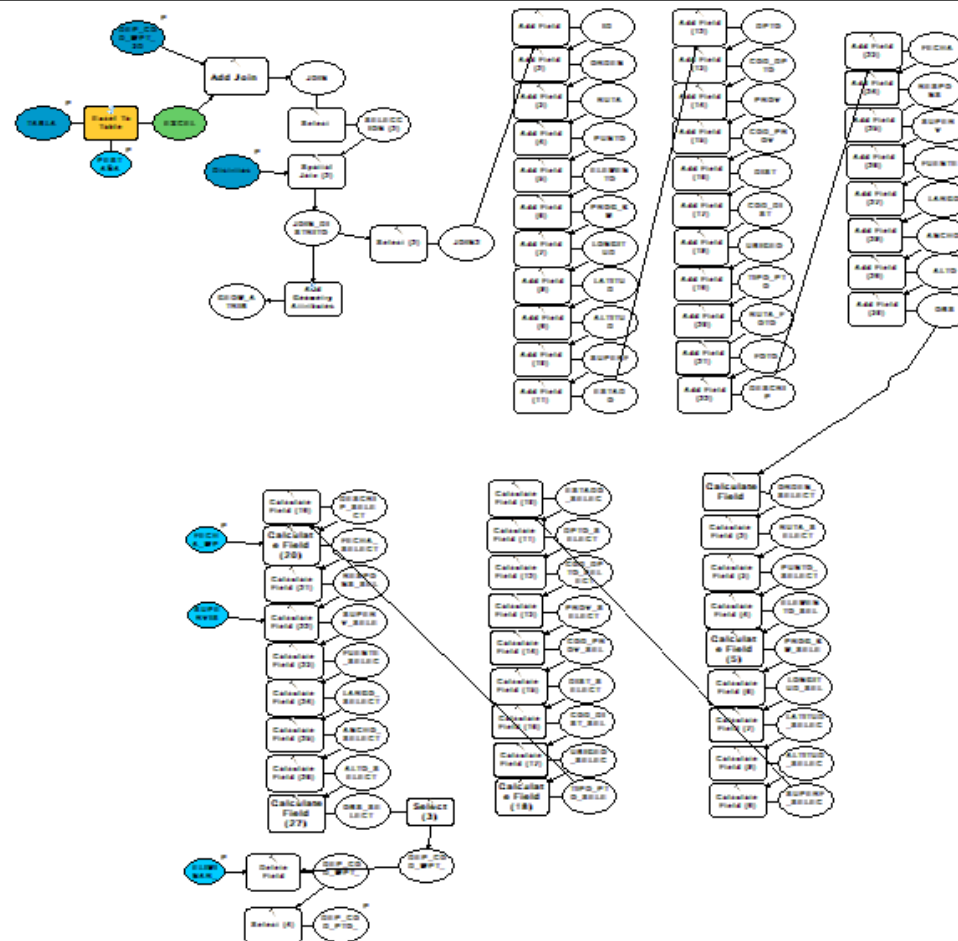
Figura N° 43: Acondicionamiento de los datos Track y Waypoint.



Fuente: Elaboración Propia.

Gracias a la aplicación ModelBuilder de ArcGIS se generó el flujo de herramientas de geo proceso a utilizar para agilizar y automatizar los procesos y nos realice la integración de las fichas con los vectores (Track y Waypoint).

Figura N° 44: Flujo de herramientas integradas con la aplicación ModelBuilder para data de los GNSS/GPS

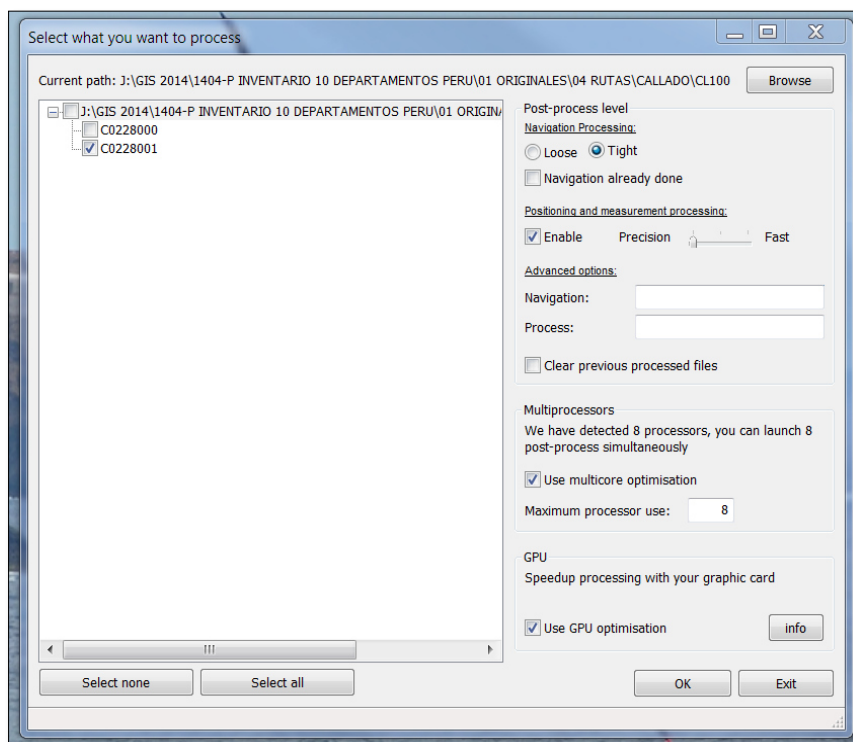


Fuente: Elaboración propia

Equipo de Mapeo Móvil Inercial Imajbox

Los Datos obtenidos en campo se pasan a post proceso con el software Imajview donde se corrigen los datos de posición

Figura N° 45: Configuración Software Imajview



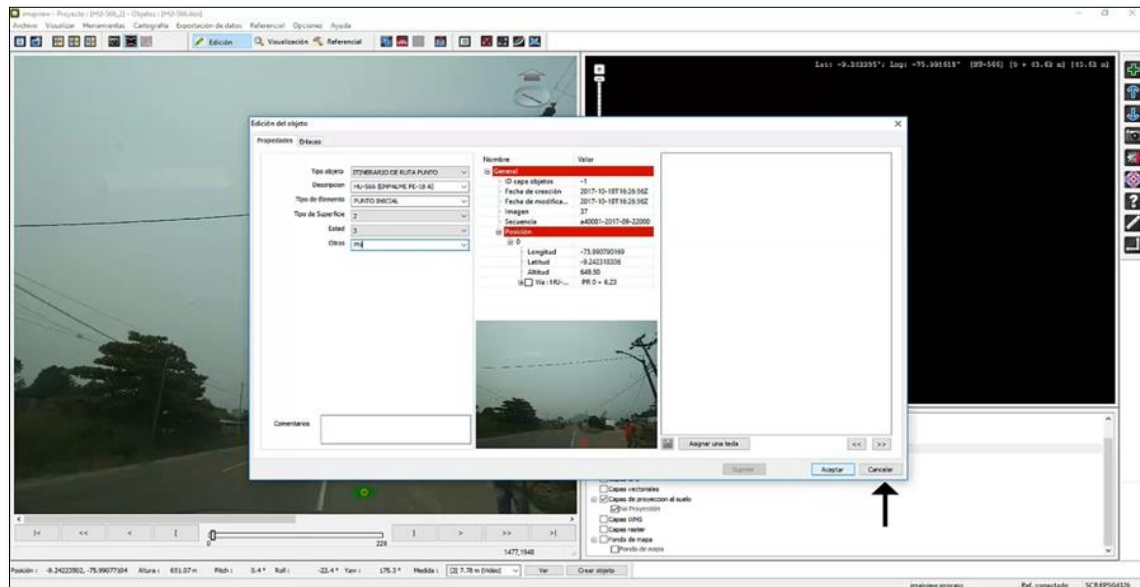
Fuente: software Imajview

A diferencia de la toma de datos con los equipos GNSS/GPS, en la dinámica de trabajo con este sistema recién se realiza el relevamiento de forma virtual. Donde a través de la plataforma del software de sistema de información geográfica “Imajview” se visualizará los videos y se tomará los puntos y fotos de los puntos originales, puntos finales, tipo de superficie, condiciones de la vía, las estructuras de la vía, los puntos medios, fotos, etc.

A la vez como base se añadió los Shapefile Base con los que se trabajó la fase de Reconocimiento de rutas (Pre Campo) para tener una guía en cuanto al recorrido de las rutas a relevar, nombre de los centros poblados, Los desvíos o cruces de vía, identificar el nombre de las vías con las que intercepta la ruta a relevar.

En este caso no se usó las fichas de campo, ya que el trabajo de relevamiento se ejecutó en gabinete tomando los datos de ubicación y geometría de cada carácter o estructura que conformaba la vía

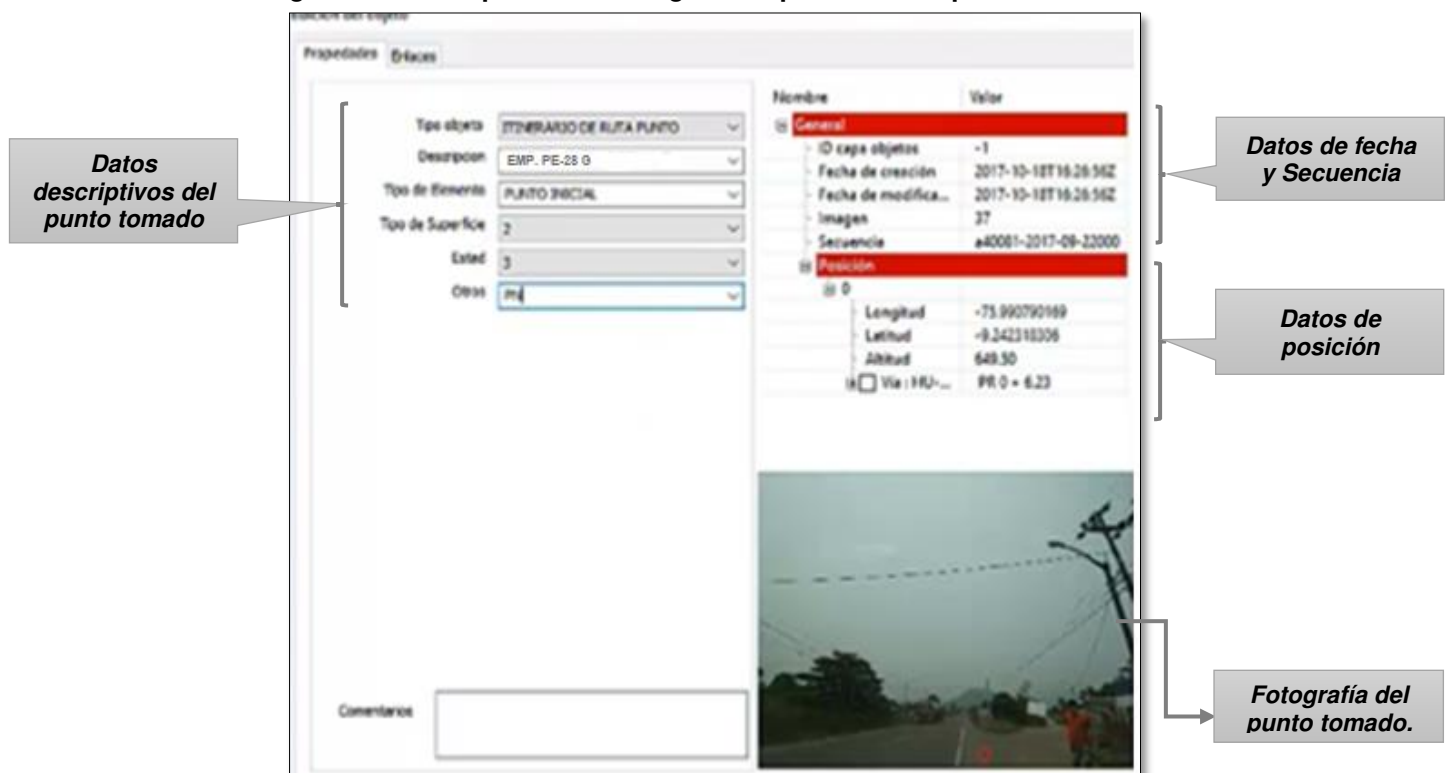
Figura N° 46: Relevamiento (Toma de datos) con el software Imajview



Fuente: software Imajview

Para el relevamiento se configuró las propiedades o características a registrar de los puntos tomados que generan el Itinerario de las rutas.

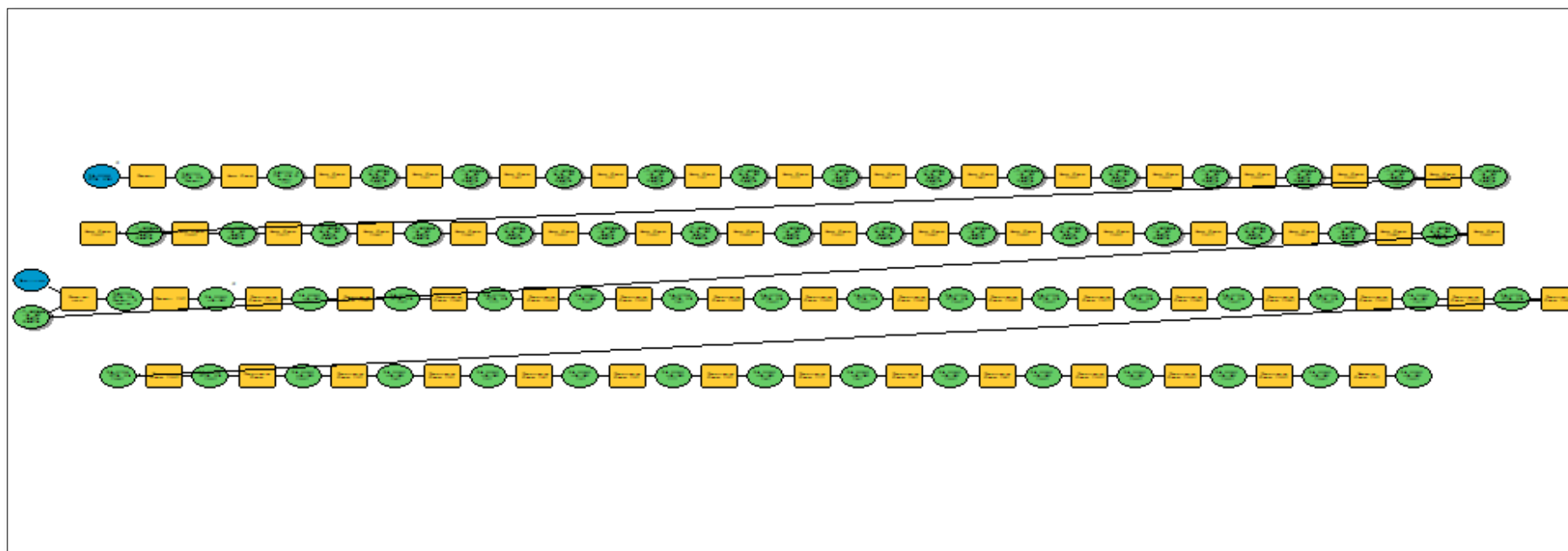
Figura N° 47: Propiedades configuradas para la descripción de las rutas



Fuente: software Imajview

Luego se exportó los datos en formato Shapefile, y Kml, también las fotografías de cada punto tomado.

Figura N° 49: Flujo de herramientas integradas con la aplicación ModelBuilder para data del Imajbox



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV : RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Problemas detectados en campo y gabinete.

Se presentó varios inconvenientes, los cuales fueron identificados tanto en la fase de campo y gabinete (Postproceso) al momento de integrar y procesar la información.

A. Problemas con los hitos de punto kilométrico

Al momento de tomar los datos en campo de los hitos por punto kilométrico con los equipos GNSS/GPS, mucho de los hitos no eran visibles por las razones de desgaste, deterioro del hito o error de visualización debido a que el vehículo está en movimiento.

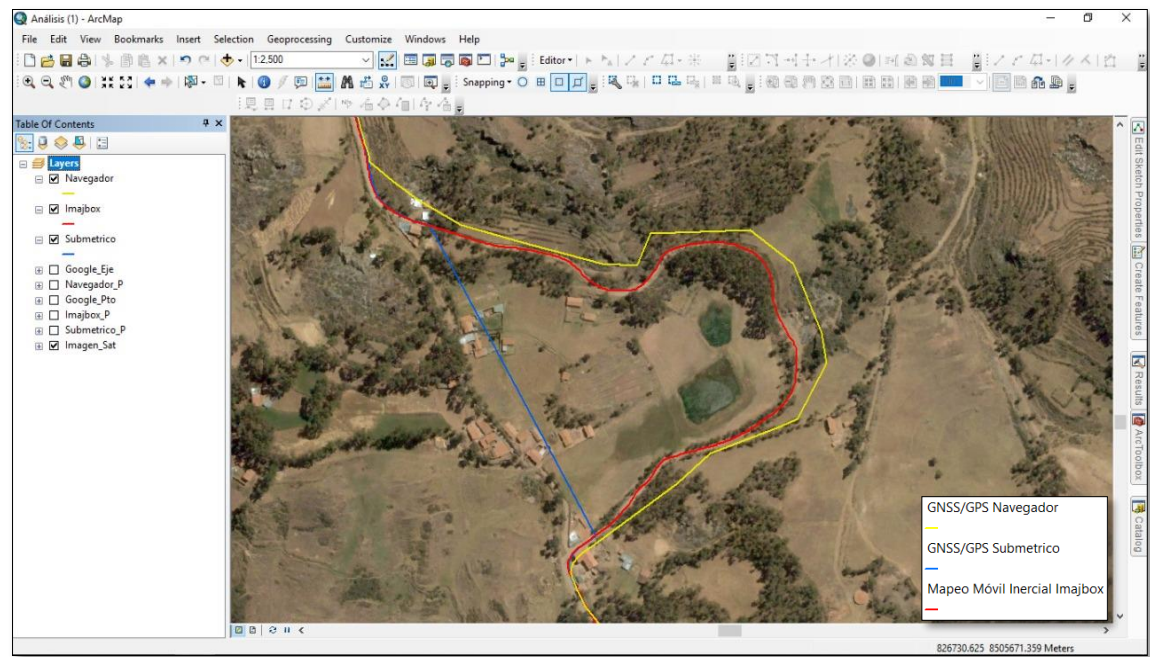
En gabinete al momento de revisar la información digital captada con el Imajbox, estos hitos si eran percibidos, pero se encontraban tapados por ramas o simplemente no fue captada por el personal operativo de los equipos GNSS/GPS.

Tabla N° 31: Comparación de los problemas de captura de datos con los equipos

| GNSS/GPS Navegador | GNSS/GPS Submétrico | Imajbox |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Algunos datos de estructuras u otros no llegaron a ser tomados, debido al manejo del operador o perdida de visibilidad de la estructura.- Varios datos salieron desfasados más de 9 m, esto se dio debido al movimiento del vehículo, geografía encañonada o con alta densidad de árboles. | <ul style="list-style-type: none">- Similar al GNSS/GPS Navegador; algunos datos no fueron captados, debido al manejo del operador o perdida de visibilidad de las estructuras.- También obtuvimos datos desfasados y perdida de señal por más de 1 Km. | Algunas estructuras no encontradas en la data relevada con los equipos GNSS/GPS se pudieron observar en los videos y data de relevamiento observados en el software imajview ya que implica una relevación de los datos en gabinete. |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 50: Perdida de señal de los equipos.



Fuente: Elaboración Propia.

B. Medición de ancho de vía solo en puntos notables

La toma de datos tanto con GNSS/GPS o Sistema de mapeo móvil inercial - Imajbox tienen distinta metodología de trabajo. Donde con los equipos GNSS/GPS se invierte más tiempo y personal en campo para tomar la información correspondiente a cada ruta. Desde tener que bajarse del vehículo a realizar las medidas que establece el manual de inventarios viales.

Con el equipo de mapeo móvil inercial, no es necesario bajarse del vehículo a realizar las medidas establecidas, ya que este trabajo se realiza en la fase gabinete con la información vectorial y digital integrada, de esta manera se realiza la toma de datos, haciendo más rápida la captura de información en la fase de campo.

C. Fotografías con mala georeferenciación

Si bien las cámaras fotográficas hoy en día tienen la opción de botar las fotografías con georeferenciación. También muchas veces estas pierden la señal de ubicación, lo cual termina generando fotografías sin georeferenciación o con error. Lo cual en gabinete toma tiempo en tener que volver a georeferenciar aquellas fotografías.

D. Truncamiento de rutas

Algunas rutas se encontraban truncadas debido al pésimo estado o por ocupación de tierras u áreas, esta vía ya no existía. Lo cual impedía el paso vehicular, y por ende no poder completar la captura de información de las vías.

Figura N° 51: Vía en estado de abandono.



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Análisis de resultados.

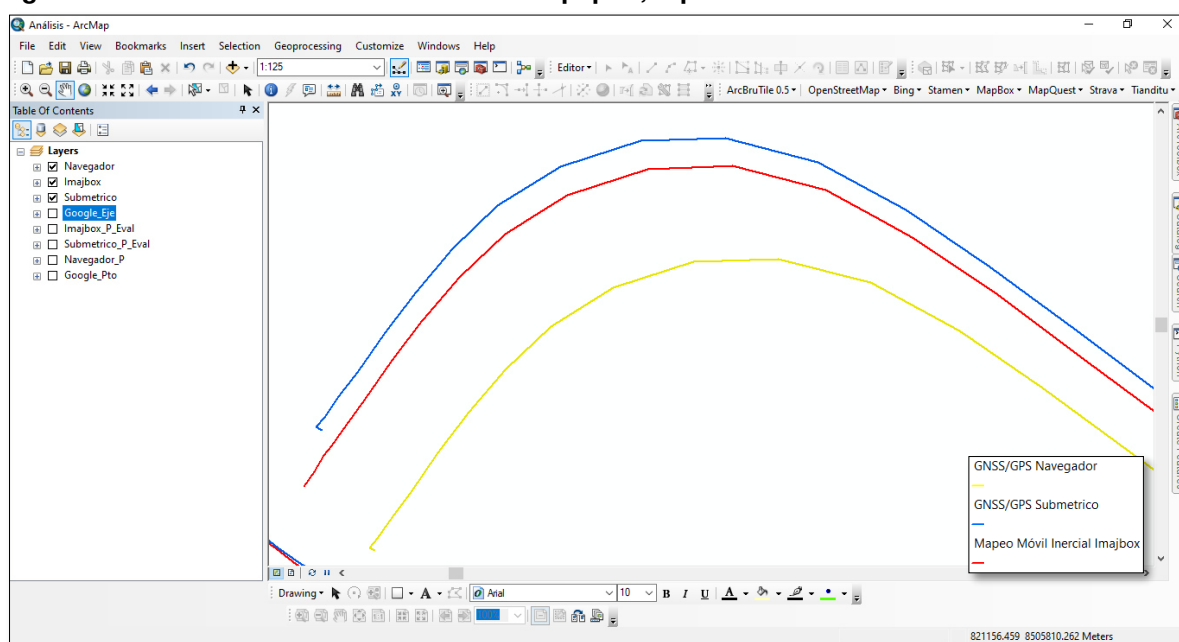
Para el desarrollo del análisis comparativo se considera 3 indicadores los cuales son:

- Precisión: Grado de cercanía o consistencia entre los valores observados de una determinada magnitud o su repetitividad basada en el grado de discrepancia entre los valores observados.
- Tiempo: Periodo de ejecución del trabajo programado – fase campo y gabinete.
- Costo: Costo total del Desarrollo de obtención de datos y post procesos en fase campo y fase gabinete.

A partir de la obtención de datos de posición de una serie de rutas tomadas con cada equipo, en este caso el Submétrico, Imajbox y Navegador, los cuales son motivos de nuestro análisis comparativo, obteniendo así la toma de puntos; elementos fundamentales en la investigación, ya que será el insumo principal para demostrar la **precisión** de los equipos, el mismo indicador a demostrar para nuestra hipótesis a través de la variable independiente “Análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS.”, considerando esta como nuestra variable cuantitativa, es decir medible, en términos investigativos.

Se obtendrá entonces data de información vectorial con alfanumérica representando la información levantada por el equipo de mapeo móvil inercial Imajbox y los equipos GNSS/GPS Submétrico, GNSS/GPS Navegador.

Figura N° 52: Caminos levantados con los equipos, representados en el Software ArcGIS.

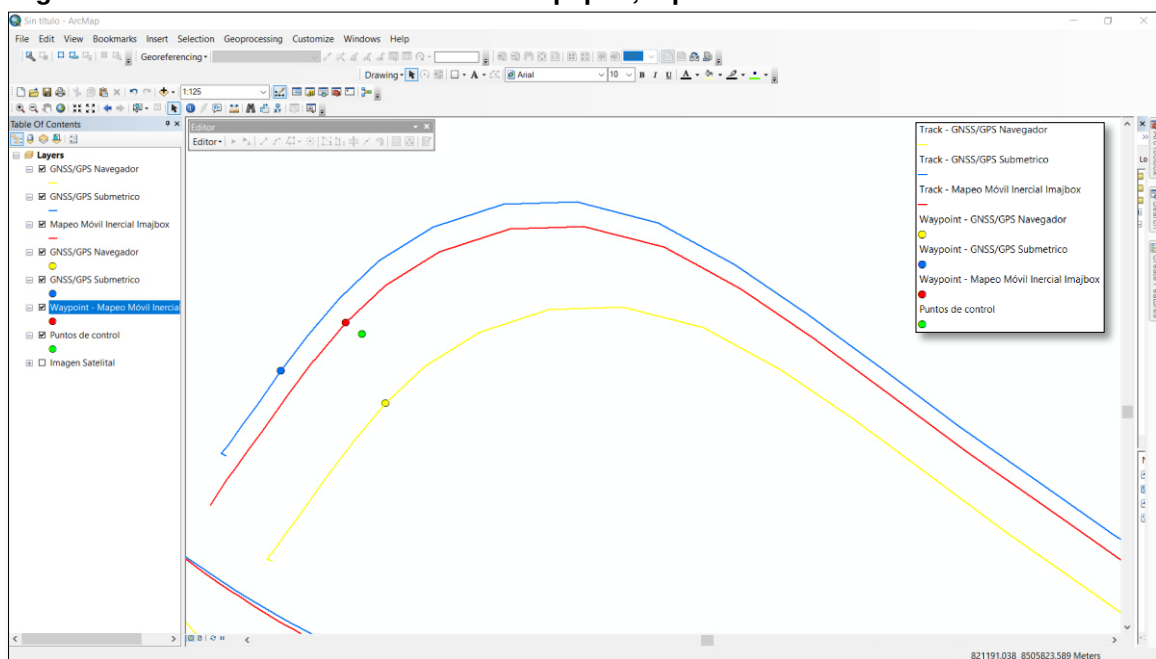


Fuente: Elaboración Propia

Cabe resaltar que el análisis de los datos se ha elaborado mediante el software más comercial para los Sistemas de Información Geográfica, el software ArcGIS.

La información se compone por los datos de posición de las infraestructuras de las vías (puntos de control) en coordenadas, tomado de modo estático, y en modo cinemático con cada uno de los equipos a evaluar como se muestra la siguiente figura.

Figura N° 53: Puntos levantados con los equipos, representados en el Software ArcGIS.



Fuente: Elaboración Propia

Con los datos levantados se pasa a demostrar, a través de las distancias de los puntos de control con sus coordenadas Este y Norte en Datum WGS 84 proyección UTM, sistema de proyección oficial establecido por el Instituto Geográfico Nacional, ente rector de la cartografía en el Perú, con lo cual se ha obtenido una serie de cuadros, los cuales mostramos a continuación:

Tabla N° 32: Coordenadas de puntos en puntos de control – tomados en modo estático con el equipo - Submétrico

| Identificador | Este | Norte | Altitud |
|---------------|-------------|--------------|---------|
| 1 | 821157.6718 | 8505820.5182 | 3518.47 |
| 2 | 821285.6764 | 8505827.4869 | 3513.45 |
| 3 | 821637.9699 | 8506267.4482 | 3667.29 |
| 4 | 823832.1585 | 8504899.7855 | 3642.45 |
| 5 | 823148.4352 | 8505935.4376 | 3641.00 |
| 6 | 822831.3002 | 8505229.9141 | 3625.14 |
| 7 | 822809.7992 | 8505203.7408 | 3628.00 |
| 8 | 822781.8592 | 8505069.2317 | 3651.37 |
| 9 | 823317.7354 | 8504695.8473 | 3703.62 |
| 10 | 823482.0885 | 8504583.0236 | 3722.19 |
| 11 | 823613.9831 | 8504465.0463 | 3745.44 |
| 12 | 823891.0549 | 8504081.3684 | 3747.98 |
| 13 | 823961.0625 | 8504014.1417 | 3749.31 |
| 14 | 823922.7807 | 8504108.1558 | 3744.85 |
| 15 | 823844.8253 | 8504312.4260 | 3734.84 |
| 16 | 823985.7299 | 8504624.0944 | 3722.71 |
| 17 | 824093.6218 | 8504584.4721 | 3716.48 |
| 18 | 824130.3666 | 8504579.4018 | 3713.75 |
| 19 | 824223.8780 | 8504534.8068 | 3702.38 |
| 20 | 827766.4921 | 8502735.3214 | 3403.10 |
| 21 | 826996.3945 | 8503595.5622 | 3436.50 |
| 22 | 826846.2696 | 8505249.6095 | 3618.39 |
| 23 | 826407.6770 | 8505651.4762 | 3700.47 |
| 24 | 825387.2988 | 8508712.3330 | 3975.51 |
| 25 | 825493.3053 | 8508621.7189 | 3975.07 |
| 26 | 825561.3232 | 8508491.8363 | 3972.07 |
| 27 | 826143.9545 | 8507829.2005 | 3894.35 |
| 28 | 826570.2781 | 8506862.1073 | 3805.65 |
| 29 | 830756.5184 | 8506526.0147 | 3719.15 |
| 30 | 830737.7279 | 8506574.6694 | 3726.32 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 33: Tabla comparativa equipo GNSS/GPS – Navegador y puntos de control

| Navegador (Modo cinemático) | | | | Puntos de control (Modo estático) | | | | Distancia |
|-----------------------------|-------------|--------------|---------|-----------------------------------|-------------|--------------|---------|-----------|
| Identificador | Este | Norte | Altitud | Identificador | Este | Norte | Altitud | |
| 1 | 821158.7020 | 8505817.4656 | 3520.26 | 1 | 821157.6718 | 8505820.5182 | 3518.47 | 3.6856 |
| 2 | 821292.2324 | 8505825.7439 | 3512.42 | 2 | 821285.6764 | 8505827.4869 | 3513.45 | 6.8615 |
| 3 | 821640.8664 | 8506268.2010 | 3667.85 | 3 | 821637.9699 | 8506267.4482 | 3667.29 | 3.0441 |
| 4 | 823836.2656 | 8504898.4415 | 3643.45 | 4 | 823832.1585 | 8504899.7855 | 3642.45 | 4.4356 |
| 5 | 823147.6843 | 8505934.5485 | 3640.51 | 5 | 823148.4352 | 8505935.4376 | 3641.00 | 1.2627 |
| 6 | 822831.9227 | 8505224.4309 | 3624.81 | 6 | 822831.3002 | 8505229.9141 | 3625.14 | 5.5281 |
| 7 | 822810.2934 | 8505202.5915 | 3627.40 | 7 | 822809.7992 | 8505203.7408 | 3628.00 | 1.3875 |
| 8 | 822783.8089 | 8505070.8347 | 3650.98 | 8 | 822781.8592 | 8505069.2317 | 3651.37 | 2.5548 |
| 9 | 823313.9317 | 8504698.1474 | 3702.12 | 9 | 823317.7354 | 8504695.8473 | 3703.62 | 4.6901 |
| 10 | 823483.7082 | 8504585.1341 | 3722.63 | 10 | 823482.0885 | 8504583.0236 | 3722.19 | 2.6962 |
| 11 | 823618.0844 | 8504463.0111 | 3744.86 | 11 | 823613.9831 | 8504465.0463 | 3745.44 | 4.6148 |
| 12 | 823890.1158 | 8504081.1527 | 3748.73 | 12 | 823891.0549 | 8504081.3684 | 3747.98 | 1.2210 |
| 13 | 823958.1210 | 8504011.9185 | 3749.95 | 13 | 823961.0625 | 8504014.1417 | 3749.31 | 4.4075 |
| 14 | 823926.7712 | 8504106.3671 | 3745.40 | 14 | 823922.7807 | 8504108.1558 | 3744.85 | 3.7426 |
| 15 | 823848.6164 | 8504314.6553 | 3733.83 | 15 | 823844.8253 | 8504312.4260 | 3734.84 | 4.5125 |
| 16 | 823989.8089 | 8504621.1446 | 3724.04 | 16 | 823985.7299 | 8504624.0944 | 3722.71 | 5.2071 |
| 17 | 824095.3510 | 8504581.9331 | 3715.10 | 17 | 824093.6218 | 8504584.4721 | 3716.48 | 3.3425 |
| 18 | 824128.2119 | 8504576.9740 | 3712.95 | 18 | 824130.3666 | 8504579.4018 | 3713.75 | 3.3672 |
| 19 | 824227.6424 | 8504531.8283 | 3701.99 | 19 | 824223.8780 | 8504534.8068 | 3702.38 | 4.8160 |
| 20 | 827763.8513 | 8502734.5822 | 3402.43 | 20 | 827766.4921 | 8502735.3214 | 3403.10 | 2.8230 |
| 21 | 826997.6740 | 8503595.0020 | 3435.73 | 21 | 826996.3945 | 8503595.5622 | 3436.50 | 1.5940 |
| 22 | 826849.5314 | 8505248.1328 | 3619.42 | 22 | 826846.2696 | 8505249.6095 | 3618.39 | 3.7260 |
| 23 | 826412.6974 | 8505649.1161 | 3701.26 | 23 | 826407.6770 | 8505651.4762 | 3700.47 | 5.6034 |
| 24 | 825382.6670 | 8508698.6864 | 3972.94 | 24 | 825387.2988 | 8508712.3330 | 3975.51 | 14.4276 |
| 25 | 825490.2006 | 8508621.6888 | 3977.14 | 25 | 825493.3053 | 8508621.7189 | 3975.07 | 3.7294 |
| 26 | 825555.1328 | 8508491.5375 | 3971.42 | 26 | 825561.3232 | 8508491.8363 | 3972.07 | 6.2316 |
| 27 | 826145.8134 | 8507823.5457 | 3896.72 | 27 | 826143.9545 | 8507829.2005 | 3894.35 | 6.4070 |
| 28 | 826566.1724 | 8506862.5396 | 3804.83 | 28 | 826570.2781 | 8506862.1073 | 3805.65 | 4.2083 |
| 29 | 830757.0189 | 8506529.2137 | 3718.05 | 29 | 830756.5184 | 8506526.0147 | 3719.15 | 3.4210 |
| 30 | 830739.5056 | 8506578.7871 | 3724.83 | 30 | 830737.7279 | 8506574.6694 | 3726.32 | 4.7261 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 34: Tabla comparativa equipo GNSS/GPS - Submétrico y puntos de control.

| Submétrico (Modo cinemático) | | | | Puntos de control (Modo estático) | | | | Distancia |
|------------------------------|-------------|--------------|---------|-----------------------------------|-------------|--------------|---------|-----------|
| Identificador | Este | Norte | Altitud | Identificador | Este | Norte | Altitud | |
| 1 | 821156.0429 | 8505821.3404 | 3519.13 | 1 | 821157.6718 | 8505820.5182 | 3518.47 | 1.9403 |
| 2 | 821285.1061 | 8505828.0418 | 3513.55 | 2 | 821285.6764 | 8505827.4869 | 3513.45 | 0.8017 |
| 3 | 821638.0926 | 8506266.3482 | 3667.28 | 3 | 821637.9699 | 8506267.4482 | 3667.29 | 1.1068 |
| 4 | 823834.0791 | 8504899.8568 | 3642.67 | 4 | 823832.1585 | 8504899.7855 | 3642.45 | 1.9345 |
| 5 | 823149.4085 | 8505935.9045 | 3641.10 | 5 | 823148.4352 | 8505935.4376 | 3641.00 | 1.0841 |
| 6 | 822831.5700 | 8505229.6790 | 3625.15 | 6 | 822831.3002 | 8505229.9141 | 3625.14 | 0.3579 |
| 7 | 822810.3795 | 8505204.0484 | 3627.68 | 7 | 822809.7992 | 8505203.7408 | 3628.00 | 0.7306 |
| 8 | 822782.7482 | 8505069.5029 | 3651.36 | 8 | 822781.8592 | 8505069.2317 | 3651.37 | 0.9295 |
| 9 | 823317.5747 | 8504696.7553 | 3702.73 | 9 | 823317.7354 | 8504695.8473 | 3703.62 | 1.2816 |
| 10 | 823482.4162 | 8504581.6462 | 3722.10 | 10 | 823482.0885 | 8504583.0236 | 3722.19 | 1.4187 |
| 11 | 823615.1191 | 8504465.5287 | 3745.00 | 11 | 823613.9831 | 8504465.0463 | 3745.44 | 1.3103 |
| 12 | 823891.1663 | 8504082.2562 | 3748.09 | 12 | 823891.0549 | 8504081.3684 | 3747.98 | 0.9015 |
| 13 | 823959.9944 | 8504014.9815 | 3748.37 | 13 | 823961.0625 | 8504014.1417 | 3749.31 | 1.6539 |
| 14 | 823924.0639 | 8504108.8478 | 3745.34 | 14 | 823922.7807 | 8504108.1558 | 3744.85 | 1.5380 |
| 15 | 823846.5146 | 8504311.0856 | 3735.76 | 15 | 823844.8253 | 8504312.4260 | 3734.84 | 2.3445 |
| 16 | 823984.4532 | 8504624.2824 | 3724.21 | 16 | 823985.7299 | 8504624.0944 | 3722.71 | 1.9787 |
| 17 | 824093.5084 | 8504585.1167 | 3715.21 | 17 | 824093.6218 | 8504584.4721 | 3716.48 | 1.4287 |
| 18 | 824129.4141 | 8504579.4819 | 3714.23 | 18 | 824130.3666 | 8504579.4018 | 3713.75 | 1.0696 |
| 19 | 824223.4768 | 8504533.8176 | 3703.18 | 19 | 824223.8780 | 8504534.8068 | 3702.38 | 1.3340 |
| 20 | 827765.9122 | 8502734.4828 | 3403.46 | 20 | 827766.4921 | 8502735.3214 | 3403.10 | 1.0803 |
| 21 | 826997.4222 | 8503596.1405 | 3436.43 | 21 | 826996.3945 | 8503595.5622 | 3436.50 | 1.1813 |
| 22 | 826847.1792 | 8505249.5743 | 3617.53 | 22 | 826846.2696 | 8505249.6095 | 3618.39 | 1.2537 |
| 23 | 826408.0360 | 8505650.1514 | 3700.42 | 23 | 826407.6770 | 8505651.4762 | 3700.47 | 1.3735 |
| 24 | 825381.6868 | 8508707.4546 | 3973.56 | 24 | 825387.2988 | 8508712.3330 | 3975.51 | 7.4363 |
| 25 | 825492.4579 | 8508621.1494 | 3975.86 | 25 | 825493.3053 | 8508621.7189 | 3975.07 | 1.2909 |
| 26 | 825559.9456 | 8508490.6797 | 3972.15 | 26 | 825561.3232 | 8508491.8363 | 3972.07 | 1.8005 |
| 27 | 826142.7622 | 8507824.8995 | 3895.01 | 27 | 826143.9545 | 8507829.2005 | 3894.35 | 4.5117 |
| 28 | 826568.4989 | 8506862.1763 | 3805.63 | 28 | 826570.2781 | 8506862.1073 | 3805.65 | 1.7807 |
| 29 | 830758.8717 | 8506526.7822 | 3719.75 | 29 | 830756.5184 | 8506526.0147 | 3719.15 | 2.5470 |
| 30 | 830739.3692 | 8506576.4268 | 3726.73 | 30 | 830737.7279 | 8506574.6694 | 3726.32 | 2.4393 |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 35: Tabla comparativa equipo Mapeo móvil inercial - Imajbox y puntos de control

| Mapeo móvil inercial (Modo cinemático) | | | | Puntos de control (Modo estático) | | | | Distancia |
|--|-------------|--------------|---------|-----------------------------------|-------------|--------------|---------|-----------|
| Identificador | Este | Norte | Altitud | Identificador | Este | Norte | Altitud | |
| 1 | 821157.2689 | 8505820.7580 | 3518.49 | 1 | 821157.6718 | 8505820.5182 | 3518.47 | 0.4693 |
| 2 | 821285.5369 | 8505827.7521 | 3513.44 | 2 | 821285.6764 | 8505827.4869 | 3513.45 | 0.3000 |
| 3 | 821637.6154 | 8506267.6816 | 3667.30 | 3 | 821637.9699 | 8506267.4482 | 3667.29 | 0.4246 |
| 4 | 823832.2953 | 8504899.9376 | 3642.45 | 4 | 823832.1585 | 8504899.7855 | 3642.45 | 0.2046 |
| 5 | 823148.1054 | 8505935.7863 | 3641.15 | 5 | 823148.4352 | 8505935.4376 | 3641.00 | 0.5029 |
| 6 | 822831.1983 | 8505229.7454 | 3625.14 | 6 | 822831.3002 | 8505229.9141 | 3625.14 | 0.1972 |
| 7 | 822809.8471 | 8505203.4148 | 3628.05 | 7 | 822809.7992 | 8505203.7408 | 3628.00 | 0.3333 |
| 8 | 822782.1080 | 8505069.4291 | 3651.38 | 8 | 822781.8592 | 8505069.2317 | 3651.37 | 0.3178 |
| 9 | 823318.0204 | 8504696.4985 | 3703.62 | 9 | 823317.7354 | 8504695.8473 | 3703.62 | 0.7108 |
| 10 | 823481.7392 | 8504582.3378 | 3722.20 | 10 | 823482.0885 | 8504583.0236 | 3722.19 | 0.7697 |
| 11 | 823614.0837 | 8504464.6930 | 3745.86 | 11 | 823613.9831 | 8504465.0463 | 3745.44 | 0.5580 |
| 12 | 823891.6131 | 8504081.0791 | 3748.12 | 12 | 823891.0549 | 8504081.3684 | 3747.98 | 0.6441 |
| 13 | 823960.8376 | 8504014.2200 | 3749.02 | 13 | 823961.0625 | 8504014.1417 | 3749.31 | 0.3752 |
| 14 | 823923.1278 | 8504108.4252 | 3744.91 | 14 | 823922.7807 | 8504108.1558 | 3744.85 | 0.4435 |
| 15 | 823844.8488 | 8504313.2352 | 3735.01 | 15 | 823844.8253 | 8504312.4260 | 3734.84 | 0.8272 |
| 16 | 823985.8372 | 8504624.4991 | 3723.11 | 16 | 823985.7299 | 8504624.0944 | 3722.71 | 0.5790 |
| 17 | 824093.9440 | 8504584.4453 | 3716.86 | 17 | 824093.6218 | 8504584.4721 | 3716.48 | 0.4989 |
| 18 | 824130.0579 | 8504578.5249 | 3713.03 | 18 | 824130.3666 | 8504579.4018 | 3713.75 | 1.1759 |
| 19 | 824223.7989 | 8504534.3744 | 3702.76 | 19 | 824223.8780 | 8504534.8068 | 3702.38 | 0.5811 |
| 20 | 827766.1430 | 8502735.0624 | 3402.12 | 20 | 827766.4921 | 8502735.3214 | 3403.10 | 1.0693 |
| 21 | 826996.7241 | 8503595.4359 | 3436.72 | 21 | 826996.3945 | 8503595.5622 | 3436.50 | 0.4159 |
| 22 | 826846.7419 | 8505249.2920 | 3619.10 | 22 | 826846.2696 | 8505249.6095 | 3618.39 | 0.9131 |
| 23 | 826408.4990 | 8505651.6534 | 3700.37 | 23 | 826407.6770 | 8505651.4762 | 3700.47 | 0.8472 |
| 24 | 825387.2844 | 8508711.5246 | 3973.15 | 24 | 825387.2988 | 8508712.3330 | 3975.51 | 0.9403 |
| 25 | 825493.3302 | 8508621.2922 | 3976.42 | 25 | 825493.3053 | 8508621.7189 | 3975.07 | 1.4160 |
| 26 | 825561.1561 | 8508491.6940 | 3972.66 | 26 | 825561.3232 | 8508491.8363 | 3972.07 | 0.6295 |
| 27 | 826144.8571 | 8507829.9629 | 3895.13 | 27 | 826143.9545 | 8507829.2005 | 3894.35 | 1.4157 |
| 28 | 826569.8056 | 8506862.1878 | 3805.83 | 28 | 826570.2781 | 8506862.1073 | 3805.65 | 0.5120 |
| 29 | 830757.1597 | 8506525.4079 | 3718.18 | 29 | 830756.5184 | 8506526.0147 | 3719.15 | 1.3116 |
| 30 | 830738.0718 | 8506574.8494 | 3726.11 | 30 | 830737.7279 | 8506574.6694 | 3726.32 | 0.4413 |

Fuente: Elaboración Propia.

Para establecer los cálculos de distancias de las tablas indicadas anteriormente se utilizó la herramienta Near 3D (3D Analyst) de la plataforma ArcMap, que nos permitió establecer resultados de **distancia respecto al punto de control**, el mismo que permitirá sustentar el indicador de precisión

De esta manera se obtiene los datos de distancia, el cual representaría la **precisión de los equipos**, teniendo como significado que mientras menor sea la diferencia de distancias, presentará mayor precisión. Para esto se realizó una tabla comparativa con los resultados de diferencia de distancias de los 3 equipos y se calificó con el nombre de cada equipo; de menor a mayor diferencia de distancia, designándose 3 Ordenes, donde:

Orden 1 representara el equipo con menor diferencia de distancias

Orden 2 representa el segundo de los equipos en tener menor diferencia de distancias.

Orden 3 que mostrara el equipo con mayor diferencia de distancias

tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla N° 36: Tabla comparativa de los equipos de medición

| Identificador | Navegador | Submétrico | Mapeo móvil Inercial | Orden 1 | Orden 2 | Orden 3 |
|---------------|-----------|------------|-------------------------|------------|------------|-----------|
| 1 | 3.6856 | 1.9403 | 0.4693 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 2 | 6.8615 | 0.8017 | 0.3000 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 3 | 3.0441 | 1.1068 | 0.4246 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 4 | 4.4356 | 1.9345 | 0.2046 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 5 | 1.2627 | 1.0841 | 0.5029 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 6 | 5.5281 | 0.3579 | 0.1972 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 7 | 1.3875 | 0.7306 | 0.3333 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 8 | 2.5548 | 0.9295 | 0.3178 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 9 | 4.6901 | 1.2816 | 0.7108 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 10 | 2.6962 | 1.4187 | 0.7697 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 11 | 4.6148 | 1.3103 | 0.5580 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 12 | 1.2210 | 0.9015 | 0.6441 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 14 | 4.4075 | 1.6539 | 0.3752 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 13 | 3.7426 | 1.5380 | 0.4435 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 15 | 4.5125 | 2.3445 | 0.8272 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 16 | 5.2071 | 1.9787 | 0.5790 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 18 | 3.3425 | 1.4287 | 0.4989 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 17 | 3.3672 | 1.0696 | 1.1759 | Submétrico | Imajbox | Navegador |
| 19 | 4.8160 | 1.3340 | 0.5811 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 20 | 2.8230 | 1.0803 | 1.0693 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 21 | 1.5940 | 1.1813 | 0.4159 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 22 | 3.7260 | 1.2537 | 0.9131 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 23 | 5.6034 | 1.3735 | 0.8472 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 24 | 14.4276 | 7.4363 | 0.9403 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 25 | 3.7294 | 1.2909 | 1.4160 | Submétrico | Imajbox | Navegador |
| 26 | 6.2316 | 1.8005 | 0.6295 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 27 | 6.4070 | 4.5117 | 1.4157 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 28 | 4.2083 | 1.7807 | 0.5120 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 29 | 3.4210 | 2.5470 | 1.3116 | Imajbox | Submétrico | Navegador |
| 30 | 4.7261 | 2.4393 | 0.4413 | Imajbox | Submétrico | Navegador |

Fuente: Elaboración Propia

se observa que el más preciso es el Equipo de Mapeo móvil Inercial (Imajbox):

Se utilizaron fórmulas de Excel para la comprobación del equipo con mayor precisión hasta el de menor precisión según los ítems ya mencionados Orden, a través de los datos comparativos, las cuales son las siguientes:

Orden 1: “SI (Y (F7<E7; F7<D7);"Imajbox"; SI(E7<F7;"Submétrico";"Navegador"))”

Orden 3: “SI(Y(D7>E7; D7>F7);"Navegador"; SI(D7<E7;"Submétrico";"Imajbox"))”

Orden 2:

“=SI(Y(G7="Imajbox";I7="Navegador");"Submétrico";SI(Y(G7="Submétrico";I7="Navegador");"Imajbox";SI(Y(G7="Navegador";I7="Submétrico");"Imajbox";"Navegador"))))”

Comprobación que no se repita: “SI(G7<>H7<>I7;"Bien";"Mal”)”.

Se contabilizo los resultados de calificación mostrados en la tabla anterior, según el orden a ocupar, mostrando los resultados en valor de porcentajes en la siguiente tabla:

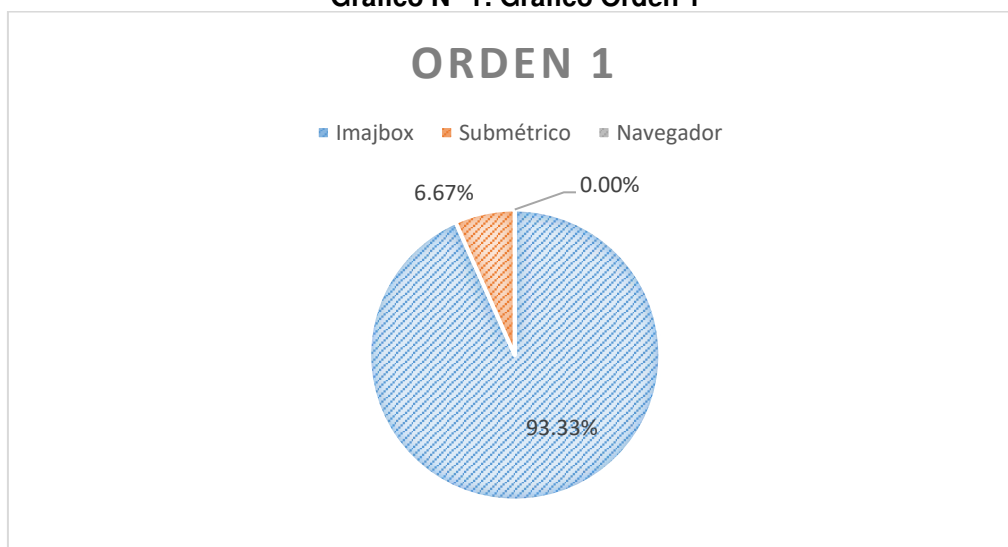
Tabla N° 37: Tabla en porcentaje del Orden de los equipos

| | Orden 1 % | Orden 2 % | Orden 3 % |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| Imajbox | 93.33 | 6.67 | 0.00 |
| Submétrico | 6.67 | 93.33 | 0.00 |
| Navegador | 0.00 | 0.00 | 100.00 |

Fuente: Elaboración Propia

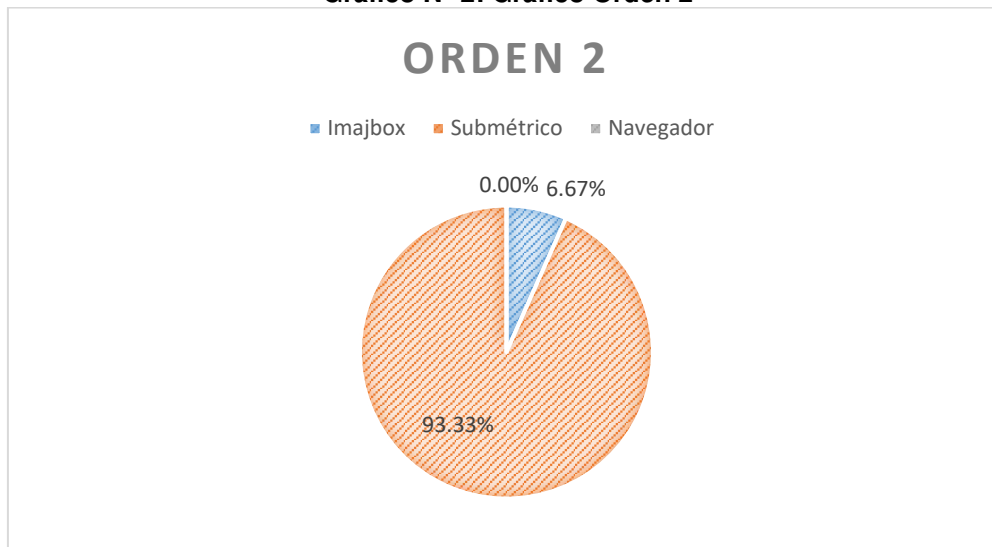
Verificándose que en el orden 3 toma lugar los datos obtenidos con el equipo navegador, en orden 2 los datos obtenidos con el Submétrico y finalmente en orden 1 los datos obtenidos con el equipo de mapeo móvil inercial - Imajbox. Gráficamente lo expresamos de la siguiente manera:

Gráfico N° 1: Gráfico Orden 1



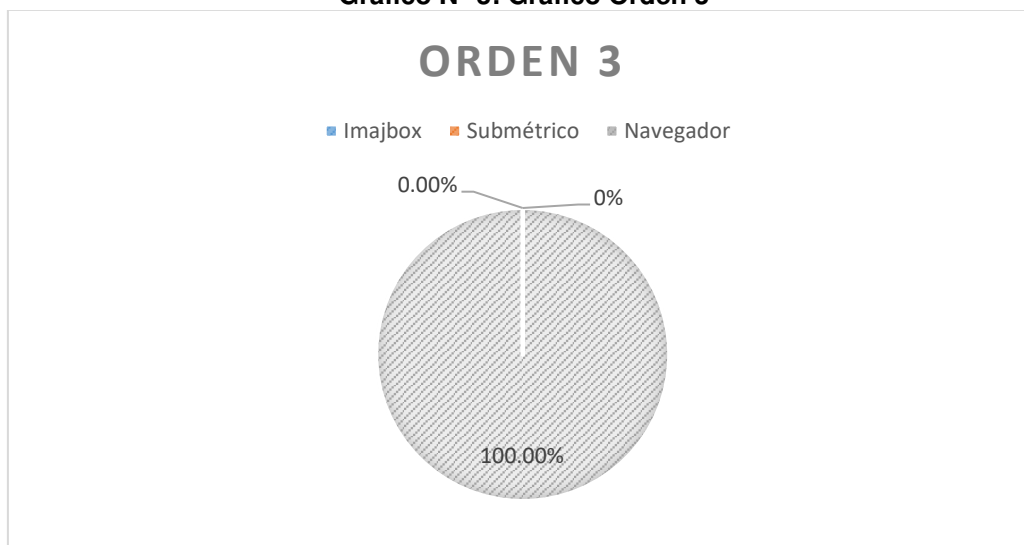
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 2: Gráfico Orden 2



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 3: Gráfico Orden 3



Fuente: Elaboración Propia

Considerando los gráficos anteriores, se interpreta lo siguiente.

El más preciso que se determinó es el equipo Imajbox al representar el Orden 1, luego le sigue el Submétrico representando al Orden 2 y por último el navegador que representa el Orden 3 para todos los datos, cumpliendo el **primer indicador** del “El análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, permitirá determinar cuál es el sistema de posicionamiento más preciso y adecuado para inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco”.

A continuación, se procederá con el análisis comparativo de nuestro segundo indicador correspondiente al **tiempo**, para ello se tomará en cuenta los tiempos empleados en la fase de campo y gabinete, con los cuales estableceremos los análisis respectivos:

A. Tiempo empleado en la fase campo.

Se planificó el trabajo de campo para desarrollarse en 2 días. Ya en campo se registró los tiempos reales que se empleó en el recorrido y levantamiento de información por cada ruta mostrándose en las 2 siguientes tablas.

El día 1 se realizó la toma de datos con el equipo de mapeo móvil inercial

Tabla N° 38: Tiempo de toma de datos en campo, con el equipo Mapeo Móvil inercial Imajbox

| DATOS GENERALES | | | | | | | DESPLAZAMIENTO | RELEVAMIENTO |
|-----------------|---------|-----|-------------|----------|------------------------------|---------|-------------------|----------------------------|
| ÍTEM | CLÚSTER | DIA | HORA INICIO | HORA FIN | EQUIPO | ruta | DURACIÓN (HHMMSS) | TIEMPO DE TRABAJO EFECTIVO |
| 1 | C1 | 1 | 08:00:00 | 08:28:10 | Mapeo móvil inercial Imajbox | CU-1110 | 0:04:00 | 0:24:10 |
| 2 | | 1 | 08:28:10 | 08:52:31 | | CU-1108 | 0:03:50 | 0:20:31 |
| 3 | | 1 | 08:52:31 | 09:19:52 | | CU-1109 | 0:09:00 | 0:18:21 |
| 4 | C2 | 1 | 09:19:52 | 09:38:52 | | CU-1107 | 0:02:00 | 0:17:00 |
| 5 | | 1 | 09:38:52 | 10:22:57 | | CU-1136 | 0:24:00 | 0:20:05 |
| 6 | | 1 | 10:22:57 | 10:46:52 | | CU-1137 | 0:02:15 | 0:21:40 |
| 7 | C3 | 1 | 10:46:52 | 11:17:32 | | CU-1138 | 0:01:30 | 0:29:10 |
| 8 | | 1 | 11:17:32 | 11:57:52 | | CU-1142 | 0:09:50 | 0:30:30 |
| 9 | | 1 | 11:57:52 | 12:23:27 | | CU-1147 | 0:12:00 | 0:13:35 |
| 10 | | 1 | 12:23:27 | 12:43:55 | | CU-1146 | 0:05:30 | 0:14:58 |
| 11 | | 1 | 12:43:55 | 13:09:00 | | CU-1141 | 0:03:10 | 0:21:55 |
| 12 | | 1 | 13:09:00 | 13:25:45 | | CU-1144 | 0:02:30 | 0:14:15 |
| 13 | | 1 | 13:25:45 | 13:42:27 | | CU-1145 | 0:01:00 | 0:15:42 |
| 14 | | 1 | 13:42:27 | 14:03:12 | | CU-1143 | 0:04:00 | 0:16:45 |
| 15 | | 1 | 14:03:12 | 14:23:07 | | CU-1257 | 0:01:30 | 0:18:25 |

Fuente: Elaboración Propia

El día 2 se realizó la toma de datos con los equipos GNSS/GPS

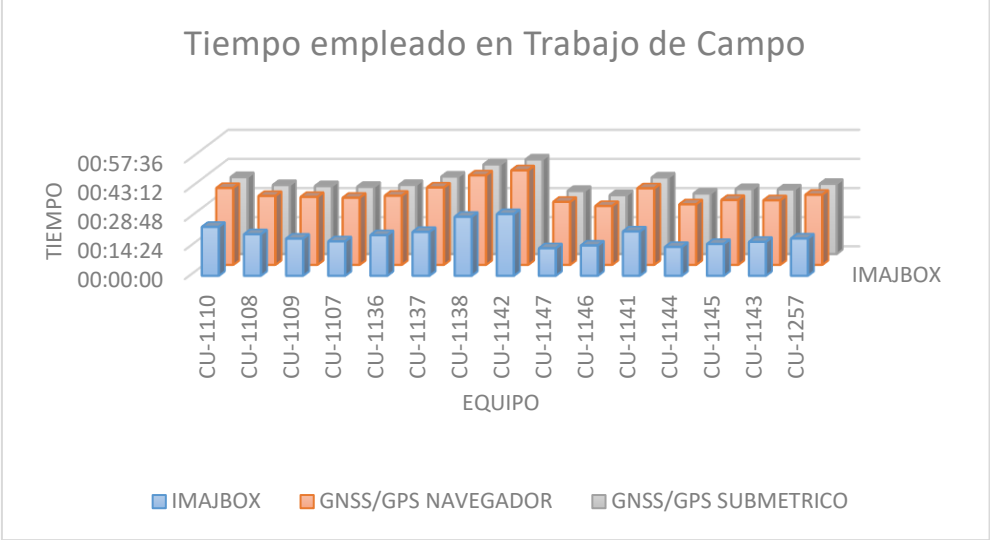
Tabla N° 39: Tiempo de toma de datos en campo con los equipos GNSS/GPS

| DATOS GENERALES | | | | | | | DESPLAZAMIENTO | RELEVAMIENTO |
|-----------------|---------|-----|-------------|----------|--|---------|-------------------|----------------------------|
| ÍTEM | CLÚSTER | DIA | HORA INICIO | HORA FIN | EQUIPO | ruta | DURACIÓN (HHMMSS) | TIEMPO DE TRABAJO EFECTIVO |
| 16 | C1 | 2 | 08:00:00 | 08:42:35 | GNSS/GPS Submétrico y GNSS/GPS Navegador | CU-1110 | 0:04:35 | 0:38:00 |
| 17 | | 2 | 08:42:35 | 09:20:29 | | CU-1108 | 0:03:50 | 0:34:04 |
| 18 | | 2 | 09:20:29 | 10:05:33 | | CU-1109 | 0:11:30 | 0:33:34 |
| 19 | C2 | 2 | 10:05:33 | 10:41:33 | | CU-1107 | 0:02:50 | 0:33:10 |
| 20 | | 2 | 10:41:33 | 11:38:33 | | CU-1136 | 0:22:50 | 0:34:10 |
| 21 | | 2 | 11:38:33 | 12:18:48 | | CU-1137 | 0:02:00 | 0:38:15 |
| 22 | C3 | 2 | 12:18:48 | 13:05:33 | | CU-1138 | 0:02:30 | 0:44:15 |
| 23 | | 2 | 13:05:33 | 14:01:18 | | CU-1142 | 0:09:00 | 0:46:45 |
| 24 | | 2 | 14:01:18 | 14:45:28 | | CU-1147 | 0:13:00 | 0:31:10 |
| 25 | | 2 | 14:45:28 | 15:20:03 | | CU-1146 | 0:05:30 | 0:29:05 |
| 26 | | 2 | 15:20:03 | 16:02:03 | | CU-1141 | 0:04:10 | 0:37:50 |
| 27 | | 2 | 16:02:03 | 16:33:48 | | CU-1144 | 0:01:50 | 0:29:55 |
| 28 | | 2 | 16:33:48 | 17:07:53 | | CU-1145 | 0:02:00 | 0:32:05 |
| 29 | | 2 | 17:07:53 | 17:43:58 | | CU-1143 | 0:04:10 | 0:31:55 |
| 30 | | 2 | 17:43:58 | 18:20:28 | | CU-1257 | 0:01:50 | 0:34:40 |

Fuente: Elaboración Propia

Para una mejor representación de los tiempos empleados con cada equipo, se ha elaborado los siguientes gráficos:

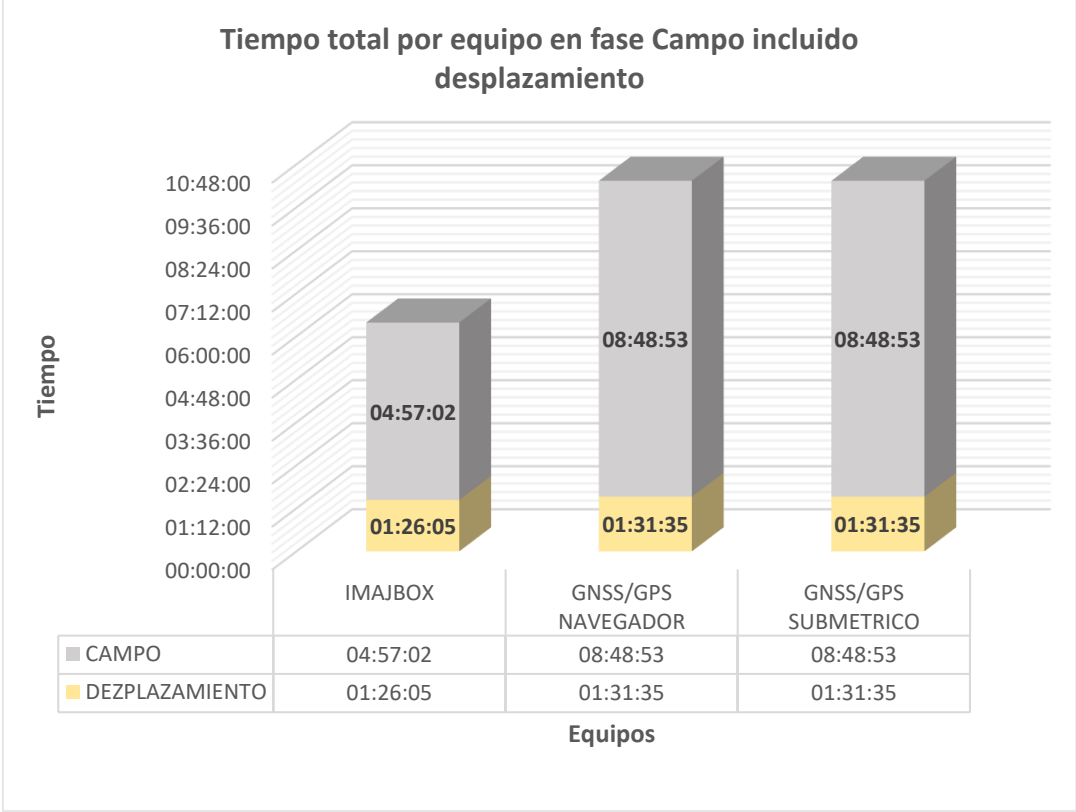
Gráfico N° 4: Tiempo empleado por cada equipo, en trabajo de campo



Fuente: Elaboración Propia.

El trabajo de campo involucra el relevamiento de las rutas (obtención de información) y los tiempos de desplazamiento (tiempo en trasladarse a los puntos de inicio de cada ruta). Los cuales también se representan en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 5: Tiempo total empleado en fase campo



Fuente: Elaboración Propia.

Con estos datos mostrados en las tablas Tabla N° 38 y Tabla N° 39 y los gráficos Gráfico N° 4 y Gráfico N° 5 se interpreta que con el sistema de mapeo móvil inercial se trabajó en menor tiempo en la fase de campo en comparación con los equipos GNSS/GPS.

B. Tiempo empleado en la fase gabinete.

Para la fase de gabinete incluye los diferentes procesos a trabajar con los datos obtenidos con cada equipo, para llegar al resultado final que es la exportación de los datos en la base de datos y con las correcciones geométricas.

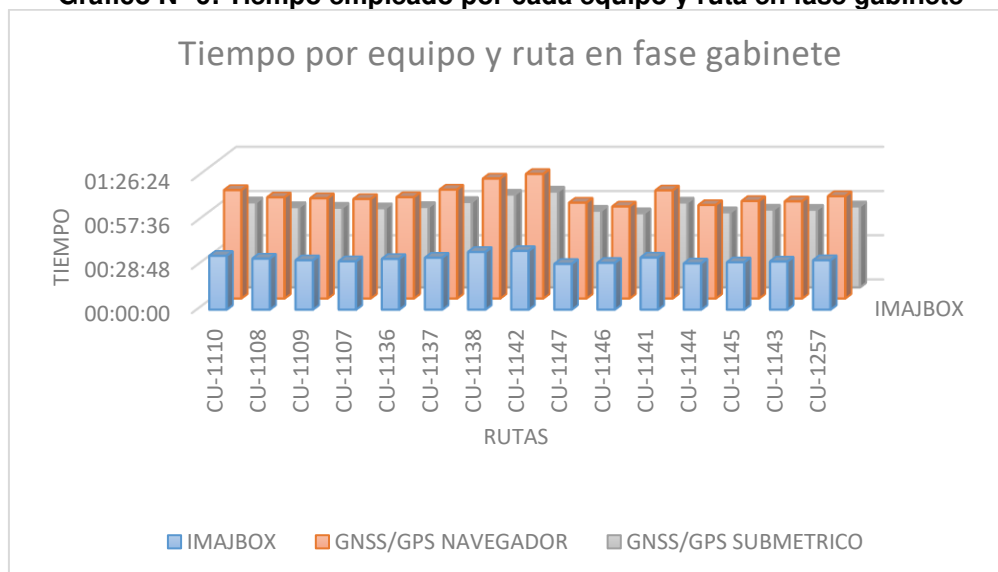
Tabla N° 40: Tiempo empleado en fase gabinete

| | MAPEO MÓVIL INERCIAL | GNSS/GPS NAVEGADOR | GNSS/GPS SUBMÉTRICO |
|-----------------|---|--|--|
| PROCESOS | geo proceso relevamiento imajview exportación crudos integración de data topología modelamiento exportación | geo proceso exportación crudos proyección e integración de data digitalización de fichas topología modelamiento exportación | geo proceso exportación crudos proyección e integración de data digitalización de fichas topología modelamiento exportación |
| CU-1110 | 00:35:05 | 01:10:36 | 00:55:24 |
| CU-1108 | 00:33:15 | 01:05:53 | 00:52:15 |
| CU-1109 | 00:32:10 | 01:05:17 | 00:51:51 |
| CU-1107 | 00:31:30 | 01:04:48 | 00:51:32 |
| CU-1136 | 00:33:02 | 01:06:00 | 00:52:20 |
| CU-1137 | 00:33:50 | 01:10:54 | 00:55:36 |
| CU-1138 | 00:37:35 | 01:18:06 | 01:00:24 |
| CU-1142 | 00:38:15 | 01:21:06 | 01:02:24 |
| CU-1147 | 00:29:47 | 01:02:24 | 00:49:56 |
| CU-1146 | 00:30:29 | 00:59:54 | 00:48:16 |
| CU-1141 | 00:33:57 | 01:10:24 | 00:55:16 |
| CU-1144 | 00:30:07 | 01:00:54 | 00:48:56 |
| CU-1145 | 00:30:51 | 01:03:30 | 00:50:40 |
| CU-1143 | 00:31:22 | 01:03:18 | 00:50:32 |
| CU-1257 | 00:32:13 | 01:06:36 | 00:52:44 |
| TOTAL | 08:13:31 | 16:49:40 | 13:18:06 |

Fuente: Elaboración Propia.

Para una mejor representación se ha expresado en los siguientes gráficos, donde se aprecia a grandes rasgos los tiempos empleados por cada equipo.

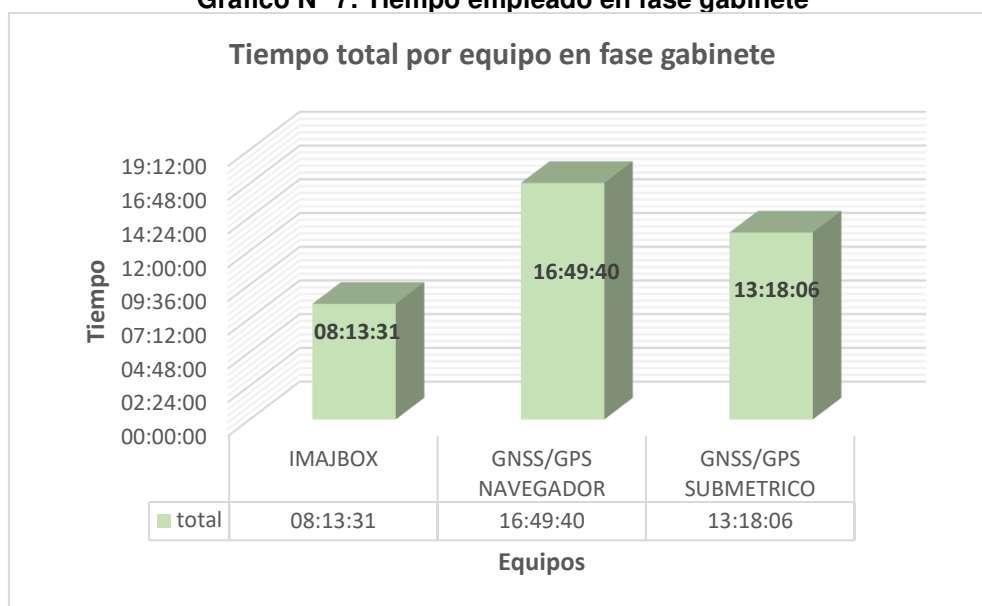
Gráfico N° 6: Tiempo empleado por cada equipo y ruta en fase gabinete



Fuente: Elaboración Propia

Y el siguiente grafico con los valores totales de los tiempos usados en la fase gabinete.

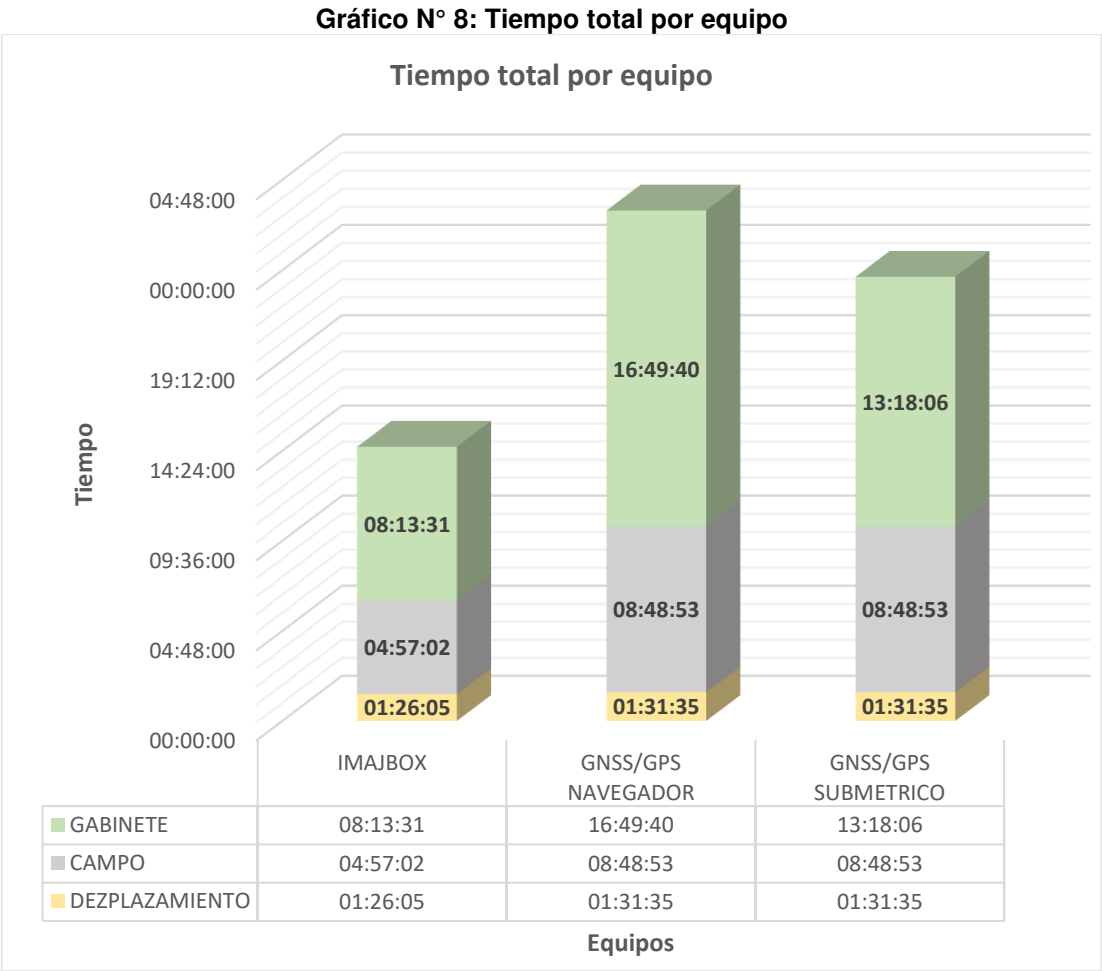
Gráfico N° 7: Tiempo empleado en fase gabinete



Fuente: Elaboración Propia

Con estos datos mostrado en la Tabla N° 40 y el Gráfico N° 7 se interpreta que con el sistema de mapeo móvil inercial se trabaja en menor tiempo en la fase de gabinete en comparación con los equipos GNSS/GPS.

Finalmente, para el análisis del **tiempo** empleado con cada equipo, tanto para la fase de campo y gabinete se requiere hallar el tiempo total de trabajo por cada equipo, mostrándose el siguiente gráfico:



Fuente: Elaboración Propia.

En este gráfico se muestra los tiempos de fase campo y gabinete mostrándose el tiempo total empleado en horas para la ejecución del trabajo e interpretándose que con el sistema de mapeo móvil inercial se trabaja en menor tiempo en la fase de campo y gabinete en comparación con los equipos GNSS/GPS.

Para un análisis a más detalle se procedió a usar la estadística y así hallar los tiempos de trabajo representativo de cada equipo por cada kilómetro de ruta.

Si bien las longitudes de las rutas son distintas; al igual que tiempos variables, es necesario hallar los valores estadísticos básicos y el coeficiente de variación (coeficiente de Pearson) de los datos de tiempo empleado por cada ruta y cada equipo.

Tabla N° 41: Valores estadísticos de los tiempos

| Valores Estadísticos - Tiempo | | | |
|---|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| (Tiempo en centesimales) | MAPEO MÓVIL INERCIAL | GNSS/GPS NAVEGADOR | GNSS/GPS SUBMÉTRICO |
| <i>Media</i> | 0.2445 | 0.4814 | 0.4159 |
| <i>Mediana</i> | 0.2465 | 0.4641 | 0.4005 |
| <i>Desviación Estándar</i> | 0.0547 | 0.1231 | 0.1081 |
| <i>Varianza de la muestra</i> | 0.0030 | 0.0151 | 0.0117 |
| <i>Coef. Variación o Cof de Pearson</i> | 0.2238 | 0.2557 | 0.2599 |
| <i>Rango</i> | 0.1889 | 0.4167 | 0.3661 |
| <i>Mínimo</i> | 0.1610 | 0.2994 | 0.2556 |
| <i>Máximo</i> | 0.3499 | 0.7161 | 0.6217 |
| <i>Suma</i> | 3.6679 | 7.2215 | 6.2386 |
| <i>Cantidad</i> | 15 | 15 | 15 |

Fuente: Elaboración Propia.

Si el valor de coeficiente de variación es próximo a 0 indica que existe poca variabilidad de los datos, en cambio cuando tiene a 1 indica una muestra muy diversa por lo tanto los valores de la media de los tiempos empleados con cada equipo, son representativos para demostrar cuanto es el tiempo que se demora con cada equipo por Kilómetro de ruta.

Resultando entonces por cada Kilómetro de ruta a levantar se emplea los tiempos mostrados en la siguiente Tabla:

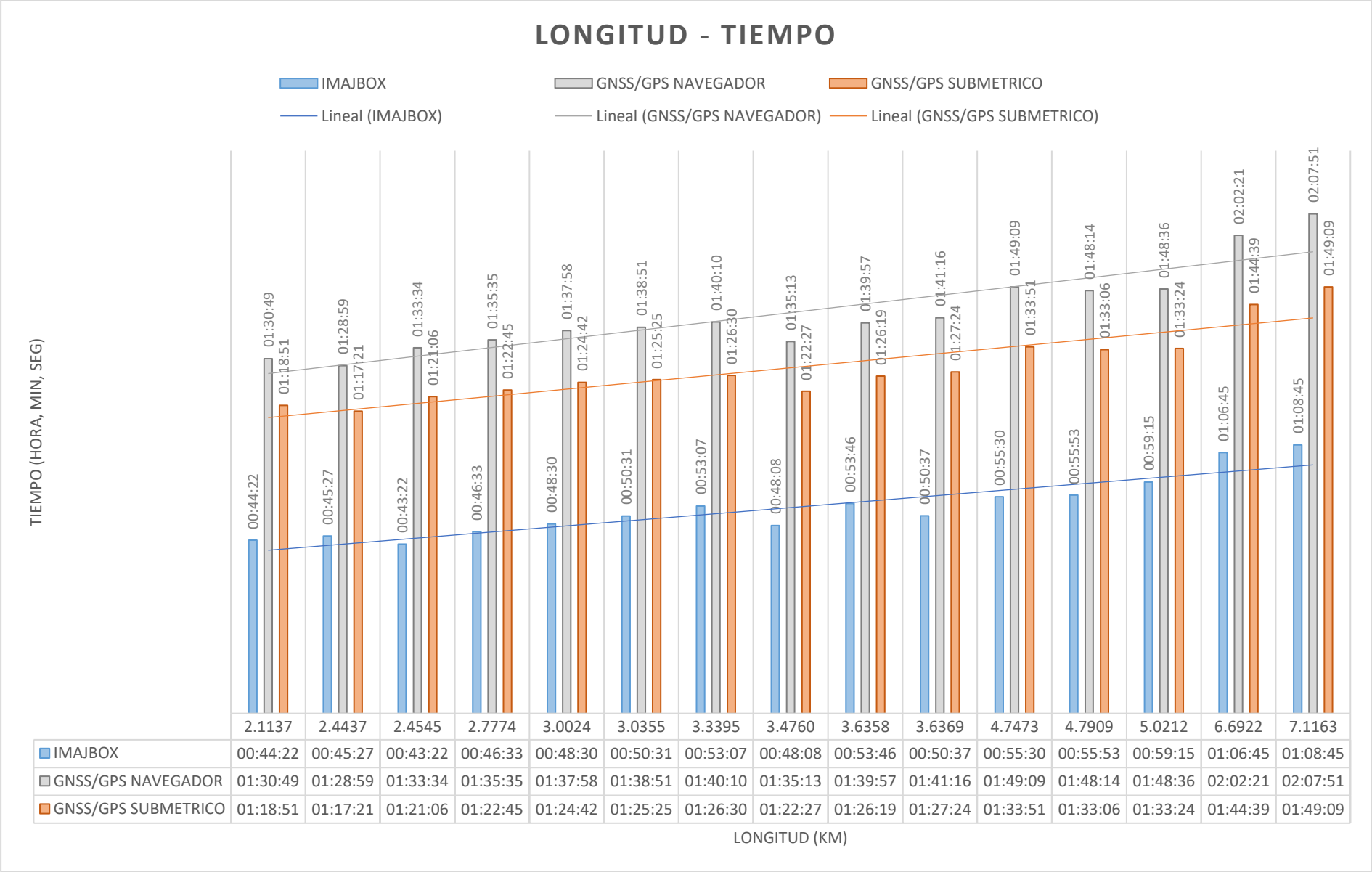
Tabla N° 42: Tiempo de trabajo por kilómetro.

| | MAPEO MÓVIL INERCIAL | GNSS/GPS NAVEGADOR | GNSS/GPS SUBMÉTRICO |
|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Tiempo en (HHMMSS: SS) | 00:14:40 | 00:28:53 | 00:24:57 |

Fuente: Elaboración Propia.

Representándose en el siguiente gráfico:

Gráfico N° 9: Longitud Tiempo por cada equipo.



Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis del tercer indicador correspondiente a los **Costos**, se tomará en cuenta los costos empleados en la fase de campo y gabinete, con los cuales se realizará los análisis respectivos:

A. Costos en la fase campo.

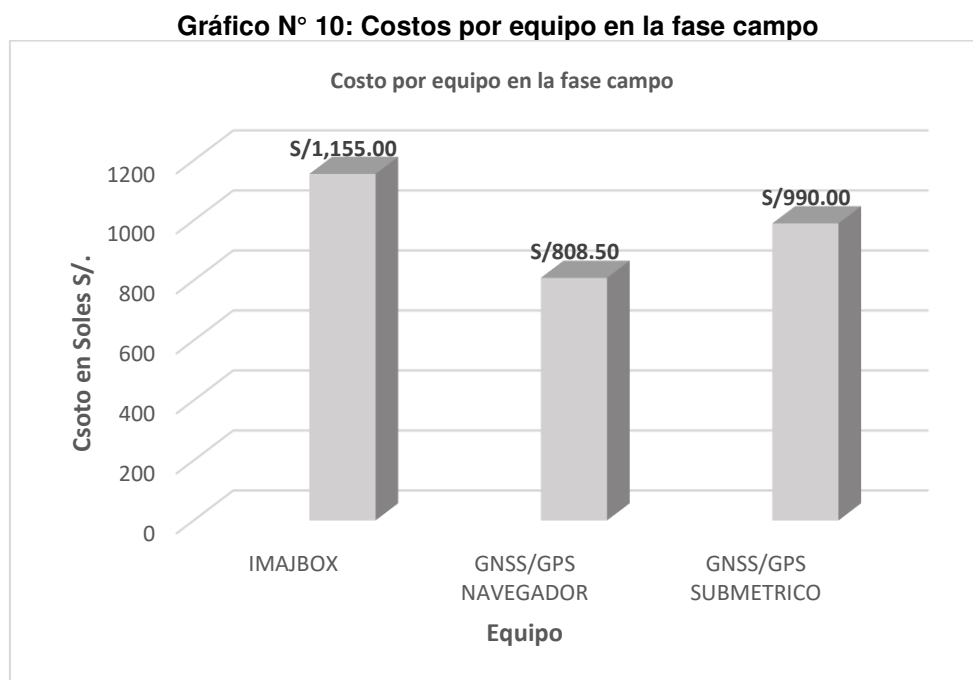
Como se ha venido mencionado el trabajo de campo se desarrolló en 2 días, desarrollándose el Día 1 con el equipo de mapeo móvil inercial y el Día 2 con los equipos GNSS/GPS, donde los costos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla N° 43: Costos de la fase campo, con cada equipo

| INSUMO | CANTIDAD | MAPEO MÓVIL INERCIAL | TOTAL | CANTIDAD | GNSS/GPS NAVEGADOR | TOTAL | CANTIDAD | GNSS/GPS SUBMÉTRICO | TOTAL |
|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|
| Campo y post proceso | | | | | | | | | |
| Alquiler de Equipo | 1 | \$ 200.00 | \$ 200.00 | 1 | \$ 15.00 | \$ 15.00 | 1 | \$ 70.00 | \$ 70.00 |
| Alquiler Odómetro | 1 | | | 1 | | | 1 | | |
| Alquiler Camioneta | 1 | \$ 45.00 | \$ 45.00 | 1 | \$ 45.00 | \$ 45.00 | 1 | \$ 45.00 | \$ 45.00 |
| Chofer | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 | 1 | \$ 25.00 | \$ 25.00 |
| Operario | 1 | \$ 30.00 | \$ 30.00 | 2 | \$ 30.00 | \$ 60.00 | 2 | \$ 30.00 | \$ 60.00 |
| Asistente | 0 | \$ 25.00 | \$ 0.00 | 2 | \$ 25.00 | \$ 50.00 | 2 | \$ 25.00 | \$ 50.00 |
| Otros Costos | | \$ 50.00 | \$ 50.00 | | \$ 50.00 | \$ 50.00 | | \$ 50.00 | \$ 50.00 |
| | Total, Dólares | | \$ 350.00 | Total, Dólares | | \$ 245.00 | Total, Dólares | | \$ 300.00 |
| | Total, Soles (Tipo Cambio 3.30) | | S/1,155.00 | Total, Soles (Tipo Cambio 3.30) | | S/808.50 | Total, Soles (Tipo Cambio 3.30) | | S/990.00 |

Fuente: Elaboración Propia

Representándose los costos empleados por cada equipo en la fase de campo, que están descritos en la tabla anterior, en el siguiente gráfico.



Fuente: Elaboración Propia.

Con estos datos mostrado en la Tabla N° 40, Tabla N° 43 y el Gráfico N° 10 se interpreta que con el sistema de mapeo móvil inercial, el costo es más alto el trabajo de campo en comparación con los equipos GNSS/GPS.

B. Costos en la fase gabinete.

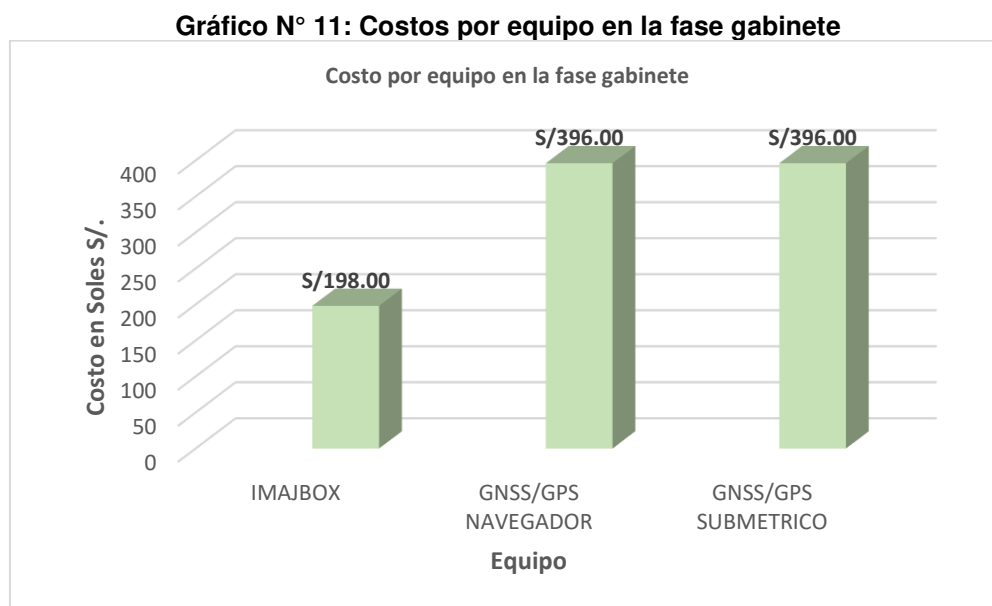
El trabajo de gabinete se desarrolló con 2 personas, empleando 1 día con el equipo de mapeo móvil inercial y 2 días con cada uno de los equipos GNSS/GPS, los gatos fueron en función al personal requerido para la ejecución del trabajo de acondicionamiento de la información de los datos obtenidos con cada equipo.

Tabla N° 44: Costos mostrados en la fase gabinete

| INSUMO | CANTIDAD | MAPEO MÓVIL INERCIAL | TOTAL | CANTIDAD | GNSS/GPS NAVEGADOR | TOTAL | CANTIDAD | GNSS/GPS SUBMÉTRICO | TOTAL |
|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|
| Acondicionamiento | | | | | | | | | |
| Cant Personal/día | 2 | | | 2 | | | 2 | | |
| Personal Dia 1 | 2 | \$ 30.00 | \$ 60.00 | 2 | \$ 30.00 | \$ 60.00 | 2 | \$ 30.00 | \$ 60.00 |
| Personal Dia 2 | 0 | \$ 30.00 | \$ 0.00 | 2 | \$ 30.00 | \$ 60.00 | 2 | \$ 30.00 | \$ 60.00 |
| licencia de GPS | - | \$ 0.00 | \$ 0.00 | - | \$ 0.00 | \$ 0.00 | - | \$ 0.00 | \$ 0.00 |
| licencia imajview | - | \$ 0.00 | \$ 0.00 | - | \$ 0.00 | \$ 0.00 | - | \$ 0.00 | \$ 0.00 |
| | Total, Dólares | | \$ 60.00 | Total, Dólares | | \$ 120.00 | Total, Dólares | | \$ 120.00 |
| | Total, Soles (Tipo Cambio 3.30) | | S/198.00 | Total, Soles (Tipo Cambio 3.30) | | S/396.00 | Total, Soles (Tipo Cambio 3.30) | | S/396.00 |

Fuente: Elaboración Propia.

Representándose los costos de gabinete descritos en la tabla anterior, en el siguiente gráfico.

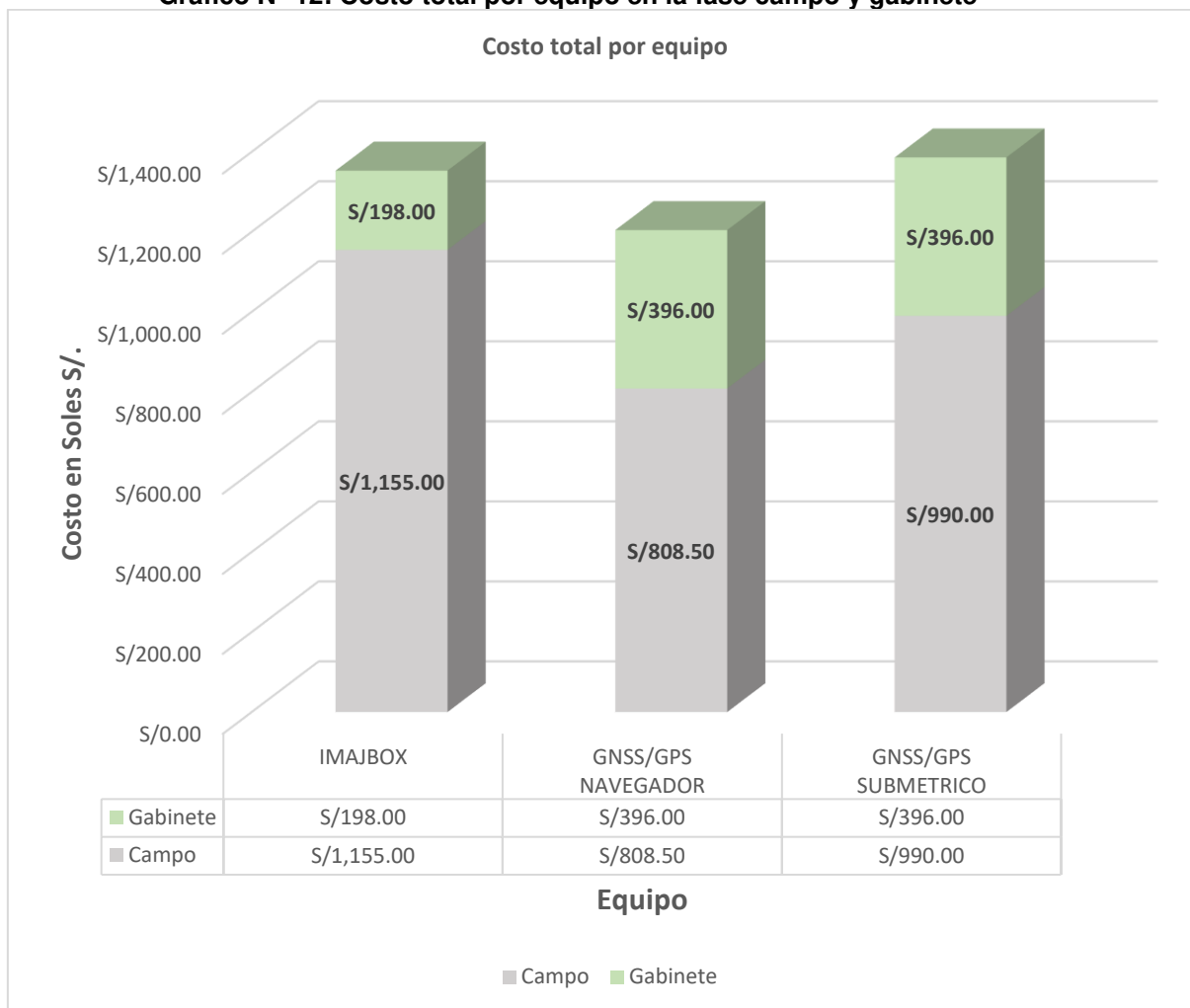


Fuente: Elaboración Propia.

Con estos datos mostrados en la Tabla N° 40, Tabla N° 44 y el Gráfico N° 11, se interpreta que en la fase gabinete; para la ejecución del trabajo de acondicionamiento de la información, con el sistema de mapeo móvil inercial se desarrolló a menos costo en comparación con los equipos GNSS/GPS. Esto es debido al tiempo de trabajo y la cantidad de personal involucrado para el acondicionamiento de la información.

Finalmente, para el análisis de los **costos** requeridos, para levantar y procesar información correspondiente un total aproximado de 60.00 Km tanto para la fase de campo y gabinete se necesita hallar los costos totales de trabajo por cada equipo, mostrándose el siguiente gráfico:

Gráfico N° 12: Costo total por equipo en la fase campo y gabinete



Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo como resultado los costos totales para cada equipo:

- Mapeo móvil inercial: S/. 1353.00.
- GNSS/GPS Navegador: S/. 1204.50.
- GNSS/GPS Submétrico: S/. 1386.00.

A la vez se puede interpretar que finalmente el costo total que se requirió para el trabajo con el sistema de mapeo móvil inercial, resultó menor al costo empleado con los equipos GNSS/GPS.

Para sustentar mejor nuestra hipótesis, se aplicará la estadística descriptiva para la comprobación de la misma en el Punto **4.3 Prueba de Hipótesis**.

4.3. Prueba de Hipótesis.

Lo ideal de las investigaciones es la prueba de hipótesis, tanto la general como las específicas, ya teniendo como se menciona anteriormente una primera contrastación de nuestra hipótesis, teniendo al sistema de mapeo móvil inercial, como al más preciso se va a contrastar también con pruebas estadísticas.

4.3.1. Hipótesis general.

Para demostrar la hipótesis: “El análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, permitirá determinar cuál es el sistema de posicionamiento más preciso y adecuado para inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco”.

Ya con una contrastación previa de la precisión, mencionado en el **ítem 4.2.** se toma los datos obtenidos por los equipos estudiados, como se menciona a continuación:

Tabla N° 45: Muestra con los datos del equipo mapeo móvil inercial Imajbox

| Identificador | Navegador | Submétrico | Mapeo móvil inercial |
|---------------|-----------|------------|----------------------|
| 1 | 3.6856 | 1.9403 | 0.4693 |
| 2 | 6.8615 | 0.8017 | 0.3000 |
| 3 | 3.0441 | 1.1068 | 0.4246 |
| 4 | 4.4356 | 1.9345 | 0.2046 |
| 5 | 1.2627 | 1.0841 | 0.5029 |
| 6 | 5.5281 | 0.3579 | 0.1972 |
| 7 | 1.3875 | 0.7306 | 0.3333 |
| 8 | 2.5548 | 0.9295 | 0.3178 |
| 9 | 4.6901 | 1.2816 | 0.7108 |
| 10 | 2.6962 | 1.4187 | 0.7697 |
| 11 | 4.6148 | 1.3103 | 0.5580 |
| 12 | 1.2210 | 0.9015 | 0.6441 |
| 14 | 4.4075 | 1.6539 | 0.3752 |
| 13 | 3.7426 | 1.5380 | 0.4435 |
| 15 | 4.5125 | 2.3445 | 0.8272 |
| 16 | 5.2071 | 1.9787 | 0.5790 |
| 18 | 3.3425 | 1.4287 | 0.4989 |
| 17 | 3.3672 | 1.0696 | 1.1759 |
| 19 | 4.8160 | 1.3340 | 0.5811 |
| 20 | 2.8230 | 1.0803 | 1.0693 |
| 21 | 1.5940 | 1.1813 | 0.4159 |
| 22 | 3.7260 | 1.2537 | 0.9131 |
| 23 | 5.6034 | 1.3735 | 0.8472 |
| 24 | 14.4276 | 7.4363 | 0.9403 |
| 25 | 3.7294 | 1.2909 | 1.4160 |
| 26 | 6.2316 | 1.8005 | 0.6295 |
| 27 | 6.4070 | 4.5117 | 1.4157 |
| 28 | 4.2083 | 1.7807 | 0.5120 |
| 29 | 3.4210 | 2.5470 | 1.3116 |
| 30 | 4.7261 | 2.4393 | 0.4413 |

Fuente: Elaboración Propia.

En un primer momento se iba a realizar la contrastación con la distribución normal T-Student, pero resulta que se realiza para datos paramétricos normales, para comprobar esto se aplica el test Kolmogorov-Smirnov, pero antes de esto realizamos un cálculo de valores estadísticos descriptivos y si existía algún valor atípico en nuestra muestra:

Tabla N° 46: Valores Estadísticos Descriptivos

| Valores Estadísticos Descriptivos | | | |
|--|------------------|-------------------|-----------------------------|
| | Navegador | Submétrico | Mapeo móvil inercial |
| <i>Media</i> | 4.2758 | 1.7280 | 0.6608 |
| <i>Error típico</i> | 0.4419 | 0.2406 | 0.0627 |
| <i>Mediana</i> | 3.9754 | 1.3537 | 0.5685 |
| <i>Moda</i> | #N/D | #N/D | #N/D |
| <i>Desviación estándar</i> | 2.4203 | 1.3176 | 0.3434 |
| <i>Varianza de la muestra</i> | 5.8581 | 1.7362 | 0.1179 |
| <i>Curtosis</i> | 10.2874 | 12.5611 | -0.0042 |
| <i>Coefficiente de asimetría</i> | 2.5277 | 3.2553 | 0.8956 |
| <i>Rango</i> | 13.2065 | 7.0784 | 1.2189 |
| <i>Mínimo</i> | 1.2210 | 0.3579 | 0.1972 |
| <i>Máximo</i> | 14.4276 | 7.4363 | 1.4160 |
| <i>Suma</i> | 128.2746 | 51.8402 | 19.8249 |
| <i>Cuenta</i> | 30.0000 | 30.0000 | 30.0000 |
| <i>Coefficiente de variación</i> | 0.5661 | 0.76257 | 0.5197 |

Fuente: Elaboración Propia.

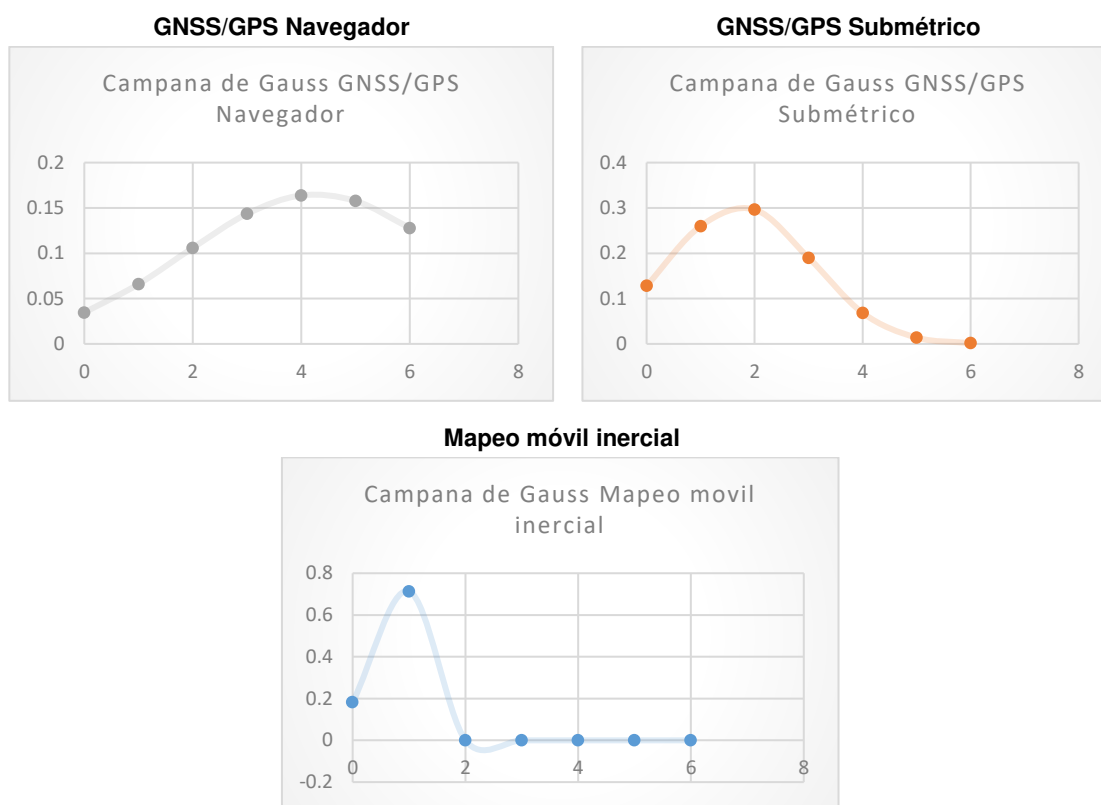
Con los valores estadísticos descriptivos, calculados en Excel, con el análisis de los datos con estadística descriptiva, se determina al tener una desviación estándar mayor a 0 que la curva va hacia la derecha y no sería homogénea, para esto vamos a graficar una campa de Gauss para poder visualizar lo mencionado:

Tabla N° 47: Tabla de valores para la campana de Gauss.

| Navegador | | Submétrico | | Mapeo móvil inercial | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| Clase | Frecuencia | Clase | Frecuencia | Clase | Frecuencia |
| 1.221039 | 1 | 0.357911 | 1 | 0.19715 | 1 |
| 3.8623484 | 13 | 1.7735844 | 19 | 0.4409296 | 7 |
| 6.5036578 | 13 | 3.1892578 | 7 | 0.6847092 | 10 |
| 9.1449672 | 1 | 4.6049312 | 1 | 0.9284888 | 5 |
| 11.7862766 | 0 | 6.0206046 | 0 | 1.1722684 | 2 |
| y mayor... | 1 | y mayor... | 1 | y mayor... | 4 |

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico N° 13: Gráfico de la Campana de Gauss del equipo GNSS/GPS Navegador



Fuente: Elaboración Propia.

Para hacer los cálculos de los valores que van en la campana de Gauss y gráficas se utilizó la siguiente fórmula en Excel: “*DISTR.NORM.N(H18;\$K\$8;\$K\$9;FALSO)*”, donde se usa los valores mencionados en la columna ítem, junto a la media y desviación estándar calculada.

Como se observa en los gráficos, estos no corresponden a una curva homogénea.

Se procedió a la elaboración de Boxplot (Diagrama de caja) para ver si existe algún valor atípico (outliers) en la muestra, obteniéndose lo siguiente:

Tabla N° 48: Tabla de valores de Cuartiles

| - | Valores | Anchos |
|--------|---------|--------|
| Mínimo | 0.22 | 0.22 |
| Q1 | 0.92 | 0.70 |
| Q2 | 1.53 | 0.61 |
| Q3 | 2.62 | 1.09 |
| Máximo | 5.55 | 2.93 |

Fuente: Elaboración Propia

Donde Q1, Q2 y Q3 son los cuartiles, para lo se utilizó la fórmula en Excel: “CUARTIL (C5:C34;1)”, para hallar toda la columna de valores y para los anchos, se inicia con el mismo valor y luego se resta el valor de la fila con el valor de la fila anterior.

Tabla N° 49: Tabla de rangos para valores atípicos

| | |
|---------------|-------|
| RIC | 1.70 |
| Mínimo | -1.63 |
| Máximo | 5.16 |

Fuente: Elaboración Propia

Donde RIC es el rango Inter Cuartil, y los valores mínimo y máximo son los valores límite en el cual deben estar los valores de la muestra, calculados con la siguiente fórmula:

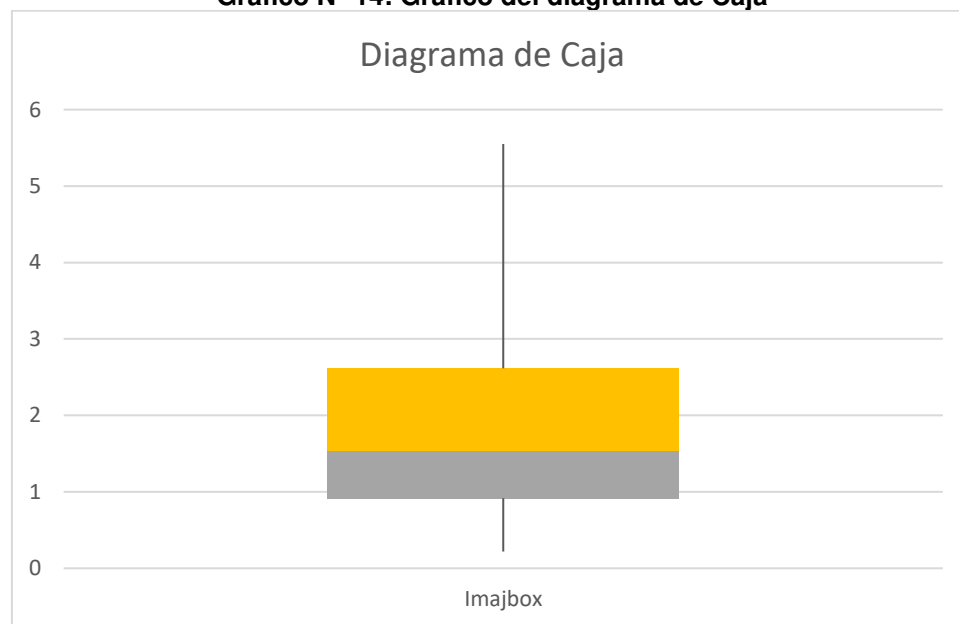
$$RIC = Q3 - Q1$$

$$Mínimo = RIC - 1.5 \times Q1$$

$$Máximo = RIC + 1.5 \times Q3$$

De esta manera se realizar la siguiente gráfica:

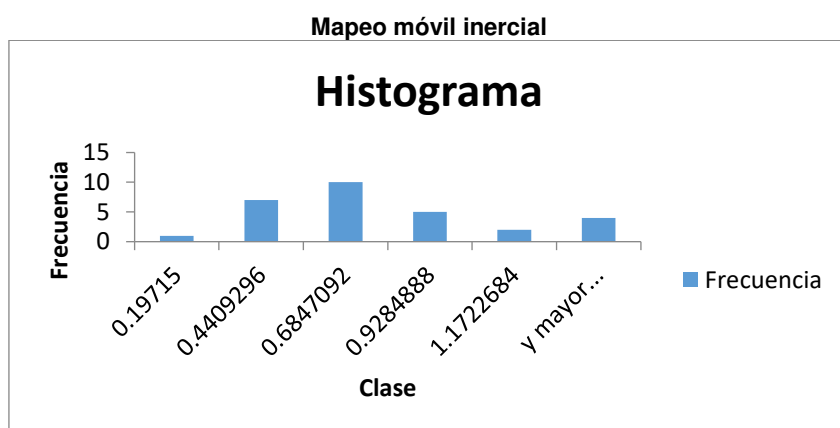
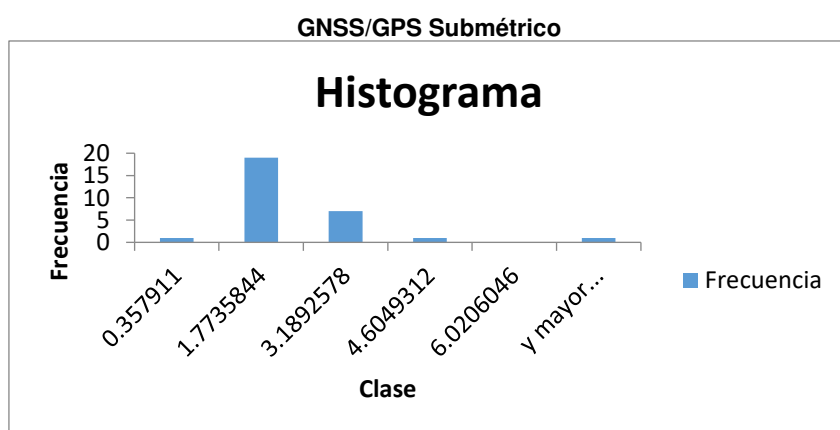
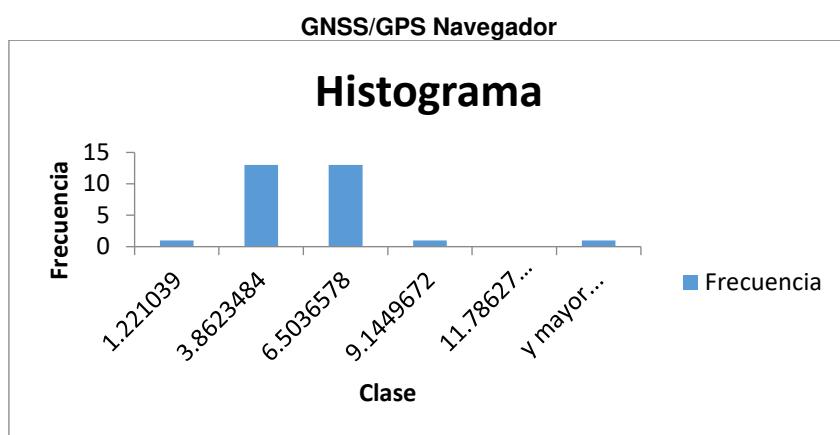
Gráfico N° 14: Gráfico del diagrama de Caja



Fuente: Elaboración Propia

También se muestra el histograma para verificar la distribución de los datos:

Gráfico N° 15: Gráfico del Histograma



Fuente: Elaboración Propia.

Donde con apoyo del diagrama de caja y los valores mínimos y máximos se observa que los valores están en el rango, cabe resaltar que el diagrama de caja se elaboró en Excel con apoyo de la plataforma YouTube, con vídeo de nombre “elaboración de diagrama de caja en Excel”, además se proporciona el Histograma para una visualización de la distribución de los datos.

Ya con todo lo mencionado anteriormente se realizó el ya mencionado test de Kolmogorov-Smirnov:

Para ellos se tiene como condición que el tamaño ideal de la muestra es: $20 < n < 100$, en este caso n es 30, mostrando que los datos están dentro del rango.

Se elaboró la siguiente tabla:

Tabla N° 50: Tabla de test Kolmogorov-Smirnov

| I | XI | pi | Zi | P(zi) | VA(P(zi)-pi) | VA(P(zi)-pi-1) |
|----|----------|------|-------|-------|--------------|----------------|
| 1 | 0.19715 | 0.03 | -1.35 | 0.09 | 0.06 | 0.09 |
| 2 | 0.204579 | 0.07 | -1.33 | 0.09 | 0.03 | 0.06 |
| 3 | 0.300027 | 0.10 | -1.05 | 0.15 | 0.05 | 0.08 |
| 4 | 0.317788 | 0.13 | -1.00 | 0.16 | 0.03 | 0.06 |
| 5 | 0.333272 | 0.17 | -0.95 | 0.17 | 0.00 | 0.04 |
| 6 | 0.375248 | 0.20 | -0.83 | 0.20 | 0.00 | 0.04 |
| 7 | 0.415918 | 0.23 | -0.71 | 0.24 | 0.00 | 0.04 |
| 8 | 0.424554 | 0.27 | -0.69 | 0.25 | 0.02 | 0.01 |
| 9 | 0.441324 | 0.30 | -0.64 | 0.26 | 0.04 | 0.01 |
| 10 | 0.443458 | 0.33 | -0.63 | 0.26 | 0.07 | 0.04 |
| 11 | 0.469289 | 0.37 | -0.56 | 0.29 | 0.08 | 0.04 |
| 12 | 0.49893 | 0.40 | -0.47 | 0.32 | 0.08 | 0.05 |
| 14 | 0.502852 | 0.47 | -0.46 | 0.32 | 0.14 | 0.08 |
| 13 | 0.511993 | 0.43 | -0.43 | 0.33 | 0.10 | 0.13 |
| 15 | 0.55798 | 0.50 | -0.30 | 0.38 | 0.12 | 0.05 |
| 16 | 0.579047 | 0.53 | -0.24 | 0.41 | 0.13 | 0.09 |
| 18 | 0.581056 | 0.60 | -0.23 | 0.41 | 0.19 | 0.13 |
| 17 | 0.629501 | 0.57 | -0.09 | 0.46 | 0.10 | 0.14 |
| 19 | 0.644113 | 0.63 | -0.05 | 0.48 | 0.15 | 0.09 |
| 20 | 0.710846 | 0.67 | 0.15 | 0.56 | 0.11 | 0.08 |
| 21 | 0.769696 | 0.70 | 0.32 | 0.62 | 0.08 | 0.04 |
| 22 | 0.827198 | 0.73 | 0.48 | 0.69 | 0.05 | 0.01 |
| 23 | 0.847168 | 0.77 | 0.54 | 0.71 | 0.06 | 0.03 |
| 24 | 0.913055 | 0.80 | 0.73 | 0.77 | 0.03 | 0.00 |
| 25 | 0.940275 | 0.83 | 0.81 | 0.79 | 0.04 | 0.01 |
| 26 | 1.069337 | 0.87 | 1.19 | 0.88 | 0.02 | 0.05 |
| 27 | 1.175861 | 0.90 | 1.50 | 0.93 | 0.03 | 0.07 |
| 28 | 1.311629 | 0.93 | 1.89 | 0.97 | 0.04 | 0.07 |
| 29 | 1.415747 | 0.97 | 2.20 | 0.99 | 0.02 | 0.05 |
| 30 | 1.416048 | 1.00 | 2.20 | 0.99 | 0.01 | 0.02 |

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

I = Se coloca del 1 hasta la cantidad de la muestra, en este caso 30.

XI = Valores de la muestra ordenados de menos a mayor.

$Pi = \frac{I}{n}$; "n" es la cantidad de elementos de la muestra.

$$Zi = \frac{XI - Media}{Desviación\ Estándar}$$

$P(zi)$ = Distribución Normal Estándar (Zi).

$VA(P(zi)-pi) =$ Valor Absoluto($P(zi)-Pi$)

$VA(P(zi)-pi-1) =$ Valor Absoluto($P(zi)- Pi_{anterior}$); en el caso de primer valor será igual a $P(zi)$, luego a partir de la segunda fila se hace la resta del $P(zi)$ con el Pi de la fila anterior.

Para esto se tiene 2 valores, un KSc , que vendría a ser el valor calculado y un $KS-t$, que será el valor crítico, para demostrar que es una distribución normal $KS-t > KSc$, el KSc de la tabla es el valor máximo entre las columnas $VA(P(zi)-pi)$ y $VA(P(zi)-pi-1)$ por ende:

$$KSc = 0.20$$

Se utilizará los siguientes valores para los cálculos:

$$KS = \frac{Ca}{Kn}$$

Donde:

Ks = Coeficiente de Kolmogorov-Smirnov.

Ca = Valor de contraste.

Kn = Coeficiente de distribución de Contrastación.

Los valores de Ca y $K(n)$ se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla N° 51: Tabla para el Cálculo de Ca

| Ca-Modelo | α | | |
|-------------|----------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.05 | 0.01 |
| General | 1.224 | 1.358 | 1.628 |
| Normal | 0.819 | 0.895 | 1.035 |
| Exponencial | 0.819 | 0.895 | 1.308 |

Fuente: Estadística del coeficiente de Kolmogorov-Smirnov

Para toda investigación, el nivel de significancia (α) es de 0.05, es decir un error de 5%, y se desea demostrar si es una distribución normal por ende se tomarán los valores de la segunda fila con la columna del 0.05.

Para realizar el cálculo del $K(n)$, para eso utilizamos la siguiente tabla:

Tabla N° 52: Tabla para el Cálculo de $K(n)$

| Distribución que se contrasta | $K(n)$ |
|-------------------------------|--|
| General | $K(n) = \sqrt{n} + 0.12 + \frac{0.11}{\sqrt{n}}$ |
| Normal | $K(n) = \sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}$ |
| Exponencial | $K(n) = \sqrt{n} + 0.12 + \frac{0.11}{\sqrt{n}}$ |

Fuente: Estadística del coeficiente de Kolmogorov-Smirnov

Donde:

n = Número de elementos de la muestra

Ya con todo lo mencionado se procede a realizar la comprobación mediante a siguiente tabla:

Tabla N° 53: Tabla para el cálculo de KS-T

| A | 0.10 | 0.05 | 0.01 |
|----------------------|------|-------------|------|
| Contraste-ca | 0.82 | 0.90 | 1.04 |
| $K(n)$ | 5.62 | 5.62 | 5.62 |
| Valor Crítico (KS-t) | 0.15 | 0.16 | 0.18 |

Fuente: Estadística del coeficiente de Kolmogorov-Smirnov

Donde:

$$KS - t = \frac{Ca}{K(n)}$$

Donde:

$KS-t$ = Valor crítico.

Ca = Valor de contraste.

Kn = Coeficiente de distribución de Contrastación.

Entonces:

$$KS - t = 0.16$$

Ya mencionado anteriormente:

$$KSc = 0.20$$

Comparando valores de acuerdo a la condición para que sea una distribución normal:

$$KS - t > KSc$$

$$0.16 \text{ "Ks - t" no es mayor que } 0.20 \text{ "Ksc"}$$

Por lo tanto, se demuestra que **no es una distribución normal**, es decir una distribución Homogénea, por lo tanto, se deberá aplicar una prueba no paramétrica con los valores presentados.

Una prueba similar a la T de Student, pero para pruebas no paramétricas es la prueba de Wilcoxon permite comparar el rango medio de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas.

Para hacer la contrastación de nuestra hipótesis, debemos utilizar una hipótesis alternativa ***Ha***, el cual ya anteriormente demostrado que el equipo de mapeo móvil inercial Imajbox es el de mayor precisión en comparación a los equipos GNSS/GPS, los datos del equipo GNSS/GPS Submétrico deberán mostrar diferencia con los datos del equipo de mapeo móvil inercial Imajbox para demostrar que difieren, es decir no son similares y de esta manera terminar de demostrar la hipótesis que es la siguiente:

“El análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, permitirá determinar cuál es el sistema de posicionamiento más preciso y adecuado para inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco”.

Para esto planteamos 2 hipótesis, una alternativa y una nula, tratando de demostrar que la nula no es la adecuada para la aprobación de la hipótesis.

Ha: “El análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, permitirá determinar cuál es el sistema de posicionamiento más preciso y adecuado para inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco”.

Ho: “El análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, no permitirá determinar cuál es el sistema de posicionamiento más preciso y adecuado para inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco.”

Si bien se hicieron mediciones con el equipo GNSS/GPS Navegador, pero al tener un margen de error grande, ya que en el primer análisis resultó en orden 3, con valores muy distantes de precisión en comparación a los otros equipos, se descartan estos datos, por lo tanto, aplicamos los datos del GNSS/GPS Submétrico y el equipo de mapeo móvil inercial Imajbox

Tabla N° 54: Tabla de muestras GNSS/GPS Submétrico y mapeo móvil inercial Imajbox

| Identificador | Submétrico | Imajbox |
|---------------|------------|---------|
| 1 | 1.9403 | 0.4693 |
| 2 | 0.8017 | 0.3000 |
| 3 | 1.1068 | 0.4246 |
| 4 | 1.9345 | 0.2046 |
| 5 | 1.0841 | 0.5029 |
| 6 | 0.3579 | 0.1972 |
| 7 | 0.7306 | 0.3333 |
| 8 | 0.9295 | 0.3178 |
| 9 | 1.2816 | 0.7108 |
| 10 | 1.4187 | 0.7697 |
| 11 | 1.3103 | 0.5580 |
| 12 | 0.9015 | 0.6441 |
| 14 | 1.6539 | 0.3752 |
| 13 | 1.5380 | 0.4435 |
| 15 | 2.3445 | 0.8272 |
| 16 | 1.9787 | 0.5790 |
| 18 | 1.4287 | 0.4989 |
| 17 | 1.0696 | 1.1759 |
| 19 | 1.3340 | 0.5811 |
| 20 | 1.0803 | 1.0693 |
| 21 | 1.1813 | 0.4159 |
| 22 | 1.2537 | 0.9131 |
| 23 | 1.3735 | 0.8472 |
| 24 | 7.4363 | 0.9403 |
| 25 | 1.2909 | 1.4160 |
| 26 | 1.8005 | 0.6295 |
| 27 | 4.5117 | 1.4157 |
| 28 | 1.7807 | 0.5120 |
| 29 | 2.5470 | 1.3116 |
| 30 | 2.4393 | 0.4413 |

Fuente: Elaboración Propia.

Se insertó las 2 muestras relacionadas (datos de distancia resultante, hacia los puntos de control tomada con el equipo submétrico y el equipo de mapeo móvil inercial).

Sin título1 [Conjunto_de_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Edición Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

1 Navegador 3.6856 Ir a la variable Visible: 3 de 3 variables

| Navegador | Submétrico | Mapeo_mó | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------|----------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 | 3.69 | 1.94 | .47 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 6.86 | .80 | .30 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 3.04 | 1.11 | .42 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4.44 | 1.93 | .20 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1.26 | 1.08 | .50 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 5.53 | .36 | .20 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 1.39 | .73 | .33 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 2.55 | .93 | .32 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 4.69 | 1.28 | .71 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 2.70 | 1.42 | .77 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 4.61 | 1.31 | .56 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 1.22 | .90 | .64 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 4.41 | 1.65 | .38 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 3.74 | 1.54 | .44 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 4.51 | 2.34 | .83 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 5.21 | 1.98 | .58 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 3.34 | 1.43 | .50 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 3.37 | 1.07 | 1.18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 4.82 | 1.33 | .58 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 2.82 | 1.08 | 1.07 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 1.59 | 1.18 | .42 | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 3.73 | 1.25 | .91 | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 5.60 | 1.37 | .85 | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 14.43 | 7.44 | .94 | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 3.73 | 1.29 | 1.42 | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 6.23 | 1.80 | .63 | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 6.41 | 4.51 | 1.42 | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 4.21 | 1.78 | .51 | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 3.42 | 2.55 | 1.31 | | | | | | | | | | | | |

Ir a la variable

Ir a la variable

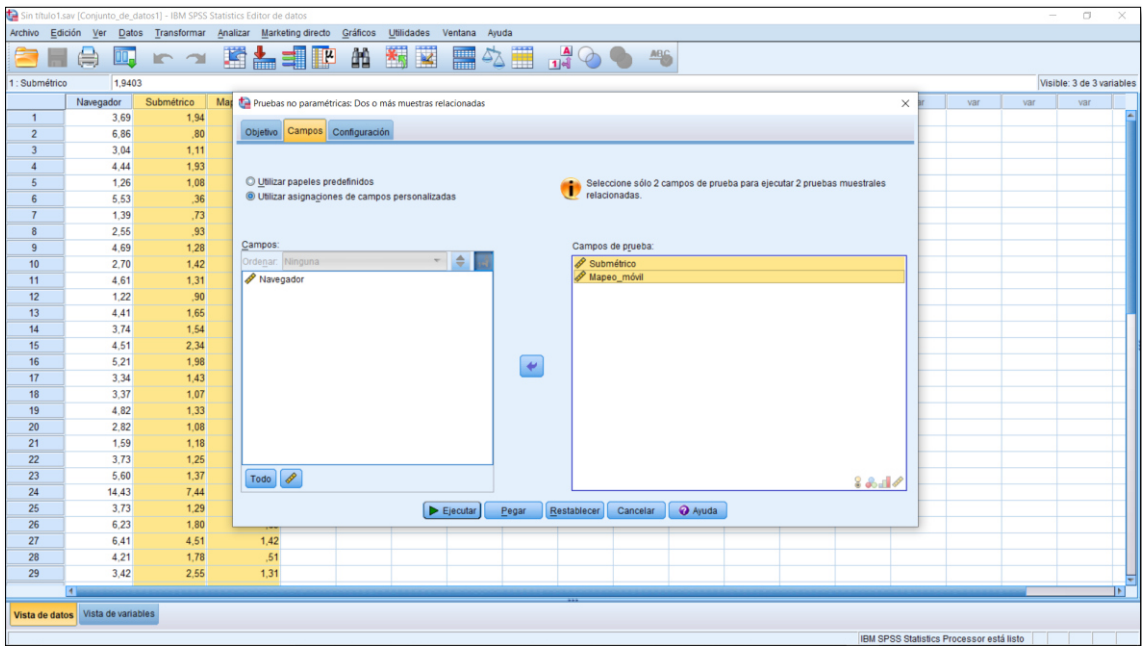
IBM SPSS Statistics Processor está listo

Se procede a elegir el tipo de prueba, para los datos es la prueba no paramétrica de muestras relacionadas.

131

Se procede a elegir las columnas donde se ingresaron los valores de las muestras y ejecutar el análisis.

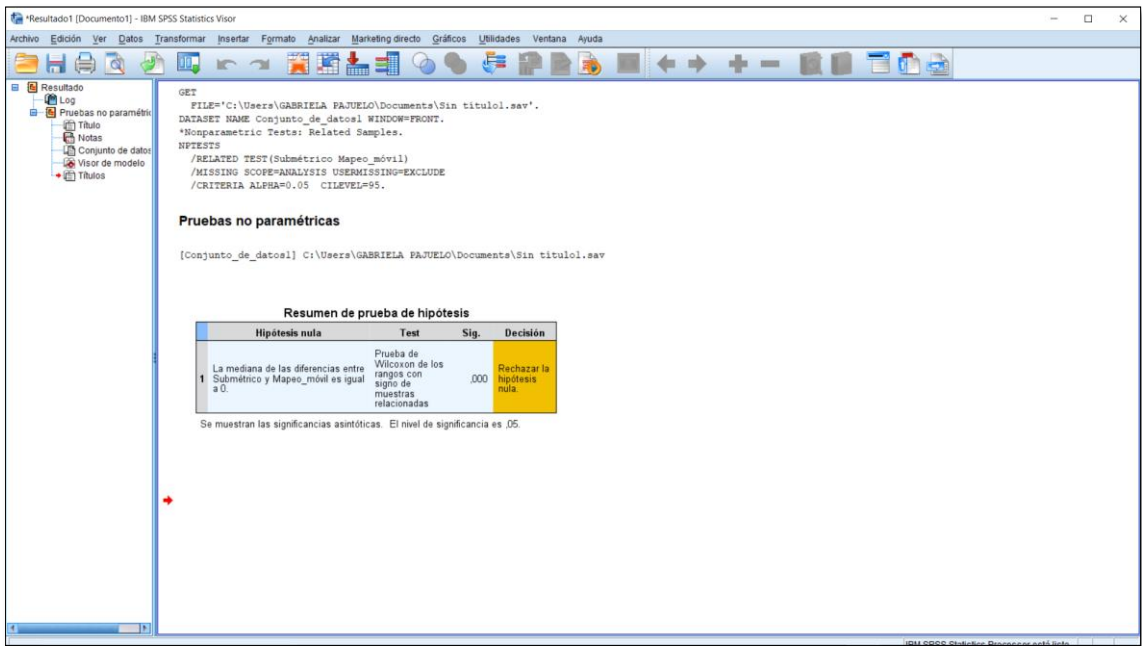
Figura N° 56: Elección de columnas en el software IBM SPSS.



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, el software muestra el resultado del contraste de la hipótesis. Rechazando así la hipótesis nula H_0 , aceptando la hipótesis alternativa H_a .

Figura N° 57: Resultado en el software IBM SPSS.



Fuente: Elaboración Propia.

Por ende, por la similitud, queda contrastada estadísticamente la hipótesis: “El análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, permitirá determinar cuál es el sistema de posicionamiento más preciso y adecuado para el inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco.”; además de la comprobación con la precisión mediante la toma de posición de los puntos de control en modo estático y el apoyo de imágenes satelitales para verificar el recorrido del eje de vía.

4.3.2. Hipótesis específicas.

Contrastada nuestra hipótesis general, pasamos a las específicas, que son derivadas de la hipótesis general.

- El equipo de mapeo móvil inercial Imajbox es el de mayor precisión en comparación a los equipos GNSS/GPS, para ser utilizarlo en el inventario vial de las rutas vecinales.

Con la contrastación de la hipótesis general, la hipótesis específica en mención queda contrastada ya que el equipo más preciso es el de mapeo móvil inercial Imajbox.

- Un adecuado análisis estadístico permitirá determinar los niveles de precisión de del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS.

Con la contrastación de la hipótesis general, quedo contrastado una mayor precisión en el equipo mapeo móvil inercial Imajbox, por ende, se realizó un adecuado análisis ya que se obtuvo un resultado acertado, teniendo como al más preciso al equipo de sistema de mapeo móvil inercial Imajbox, luego al Submétrico y por último al navegador según la comprobación con la precisión mediante el apoyo de los puntos obtenidos en modo estático y la aplicación de la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

- El equipo de mapeo móvil inercial es el más adecuado en metodología de trabajo, costo, tiempo, para efectuar el inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco.

Con un equipo con mayor precisión ya comprobado mediante el apoyo de los puntos de control obtenidos en modo estático y la aplicación de la prueba no paramétrica de Wilcoxon, permitirá tener mejores resultados en los levantamientos de inventario vial, con las descripciones y el trabajo el recojo de información integrada y digital que se obtuvo con el equipo de mapeo móvil inercial generando fotos y videos georreferenciados, permitiendo abalizar los datos en gabinete, las veces que sea necesaria y para los fines requeridos demostrándose la calidad en la información y el desarrollo de trabajo en menor tiempo y por lo tanto a menor costo, cumpliendo las pautas y protocolos demuestra cual es el más adecuado.

4.4. Discusión de resultados

En cuanto a los conceptos y el reglamento de Inventario Vial, R.D. N° 09-2014-MTC / 14, RD N.º 22-2015-MTC/14 (28.12.2015) en el Perú existen los siguientes tipos de inventario vial:

a. Inventario Vial Básico.

Actualización de la información técnica con fines de consulta y planificación de las redes viales, relativas a la identificación y registro de información relacionada con la ubicación y georeferenciación de los puntos principales de las trayectorias y sus longitudes; así como, de sus características geométricas generales y estado situacional.

b. Inventario Vial Calificado.

Actualización de información técnica con fines de planificación y priorización de inversiones en las redes viales, relacionada con el trazo geométrico del eje, las características estructurales del pavimento y de las obras complementarias; así como, la relativa seguridad vial y tránsito, además de calificar el estado de operatividad de la infraestructura vial.

Los equipos evaluados en la investigación han sido el Equipo de Mapeo móvil Inercial., GNSS/GPS Submétrico, GNSS/GPS Navegador. En función a los datos analizados de acuerdo a los indicadores de la investigación se interpreta lo siguiente:

- **En función a detalle y escala**

De acuerdo al detalle de información requerida en coordinación con el Gob. central, Provias central, Gob. Regionales, Gob. locales y Provias descentralizado; se establecen el tipo de inventario a desarrollar y el nivel de detalle de información.

De acuerdo a las teorías para representación de la superficie o el recojo de información espacial entra a tallar el graficismo, que permitirá determinar la exactitud con la que se deben realizar el levantamiento de información. (Millán J. 2009).

Determinando la siguiente tabla, con los valores de graficismo permitidos:

Tabla N° 55: Relación entre área, escala de trabajo y graficismo

| Área geográfica cubierta | Escala | Graficismo (m.) |
|--------------------------|------------|-----------------|
| Áreas Urbanas | 1:500 | 0.1 |
| | 1:1000 | 0.2 |
| | 1:5000 | 1 |
| | 1:10000 | 2 |
| | 1:12,500 | 2.5 |
| | 1:25,000 | 5 |
| Región | 1:50,000 | 10 |
| | 1:100,000 | 20 |
| | 1:250,000 | 50 |
| País | 1:500000 | 100 |
| | 1:1000,000 | 200 |

Fuente: Elaboración propia.

- En función de la Precisión.

El levantamiento de información de los inventarios viales es referencial, y las mediciones de posición son realizadas en el eje central del carril derecho de la vía. Si bien los datos obtenidos con los equipos varían respecto a los puntos de control, resultando como el más preciso el equipo de Mapeo móvil inercial en comparación a los equipos GNSS/GPS, a la vez resultaron valores grandes de diferencia de distancia con respecto a los puntos de control, esto se debe a las siguientes condiciones:

- **vehículo:** Interviene mucho las condiciones del vehículo, como la dirección, presión de las llantas, el manejo del vehículo, la velocidad y maniobra del chofer a cargo. Si bien el equipo se coloca en el techo de parte central y desde allí se mide los datos de posición, estos, por lo tanto, no necesariamente se pasará de forma exacta por el mismo punto de control, resultando variaciones, pero estas son admitibles.
- **Operario:** Los equipos deben ser manipulados por un profesional capacitado, y con conocimientos o experiencia en el desarrollo de inventarios viales, con el fin de dar solución rápida ante situaciones de toma de decisiones y operación de los equipos.
- **Ambientales:** interviene las condiciones ambientales al realizar levantamiento de información en día nublado o con lluvias, a realizarlas en lugar despejado.

- **En función al tiempo.**

El tiempo interviene en la toma de decisiones para el desarrollo del trabajo en campo y gabinete. Con el equipo de mapeo móvil inercial, permite desarrollar el levantamiento de información de extensos kilómetros de vías en menor tiempo. Tanto para el trabajo de campo, como el trabajo en gabinete.

Para un mejor análisis se muestra el siguiente cuadro:

Tabla N° 56: Comparación de los tiempos

| | GNSS/GPS Navegador | GNSS/GPS Submétrico | Mapeo móvil inercial |
|-----------------|--|--|---|
| Campo | <p>**Mas tiempo en el recojo de información, debido a la toma de medidas de la vía, velocidad del vehículo, estado de la vía, obstáculos presentes en la vía.</p> <p>Para grandes extensiones de vía resulta más días, semanas para concluir con el recojo de información</p> | <p>Mas tiempo en el recojo de información, debido a la toma de medidas de la vía, velocidad del vehículo, estado de la vía, obstáculos presentes en la vía.</p> <p>Para grandes extensiones involucra más días, semanas para concluir con el recojo de información</p> | <p>Menor tiempo de recojo de información, ya que las medidas se toman en gabinete.</p> <p>Depende de la velocidad del vehículo, estado de la vía, obstáculos presentes en la vía.</p> <p>Para varias extensiones de longitudes de vía, se termina en menos días, semanas.</p> |
| Gabinete | <p>Involucra integrar la información, capturada con los diferentes equipos complementarios (cámara de video, fotos) y las fichas de campo.</p> | <p>Involucra integrar la información, capturada con los diferentes equipos complementarios (cámara de video, fotos) y las fichas de campo.</p> | <p>Involucra levantar la información recolectada en campo, en el software SIG Imajview, toma de los puntos y medidas en función a las imágenes integradas.</p> |

Fuente: Elaboración propia.

- **En función a los costos.**

Los costos están vinculados a los tiempos, longitud o extensión de las vías a levantar, accesibilidad a contar con los equipos de trabajo.

Para un mejor análisis se muestra el siguiente cuadro:

Tabla N° 57: Comparación de los costos

| | GNSS/GPS Navegador | GNSS/GPS Submétrico | Mapeo móvil inercial |
|-----------------|---|---|---|
| Campo | Este equipo es de menor costo por día, pero a la vez involucra más tiempo de operación en el recojo de información. Pero para grandes extensiones de vía resulta mayor costo ya que involucra más días, semanas para concluir con el recojo de información | Este equipo es de costos intermedios, por día, pero también involucra más tiempo de operación en el recojo de información. Pero para grandes extensiones de vía resulta mayor costo ya que involucra más días, semanas para concluir con el recojo de información | El costo de adquisición o alquiler de este equipo es mayor en comparación con otros, pero permite el trabajo en menor tiempo, resultando menor costo para el levantamiento de varias extensiones de longitudes de vía, ya que se termina en menos días, semanas. |
| Gabinete | Revisar la información proporcionada por el equipo, involucra mucho tiempo, ya que existen más errores, desfase de información se deben dar solución revisando la información de los videos, fotografías y ficha de campo, errores, resultando tedioso y. requiriendo más personal, más tiempo y más costos., | Revisar la información proporcionada por el equipo, involucra tiempo ya que también hay momento de perdida de señal resultando tramos sin información, las cuales se deben dar solución revisando la información de los videos, fotografías y ficha de campo, errores, requiriendo más personal, más tiempo y más costos. | En gabinete se realiza la captura de información con el software imajview que integra la información de video Georeferenciado y los vectores, involucra tiempo en el recojo de información, toma de medidas y análisis de los que se encuentra en la vía, obteniendo la ubicación de cada carácter, pero en la práctica es un trabajo rápido, resultando menor tiempo de trabajo, menor personal y por lo tanto menor costo |

Fuente: Elaboración propia.

- **En función a la metodología**

Ciñéndose a las indicaciones encontradas en el manual de inventario vial R.D. N° 09-2014-MTC / 14, RD N.º 22-2015-MTC/14 (28.12.2015). de acuerdo a la metodología establecida, se realizó el levantamiento de información.

Pero cabe recalcar que cada equipo tiene diferente forma de uso y trabajo.

Tabla N° 58: Comparación de metodología de trabajo con cada equipo

| GNSS/GPS Navegador | GNSS/GPS Submétrico | Mapeo móvil inercial |
|---|--|---|
| Requiere el uso de equipos complementarios: · Antena externa. · Cámara de video Georeferenciado. · Cámara de foto. · Odómetro | Requiere el uso de equipos complementarios: · Cámara de video Georeferenciado. · Cámara de foto. · Odómetro | Requiere el uso de equipos complementarios: · Odómetro |
| Relevamiento en campo. | Relevamiento en campo. | Se complete el relevamiento en gabinete. |
| Toma de medidas en campo, con wincha. | Toma de medidas en campo, con wincha. | Toma de medidas en gabinete. |

Fuente: Elaboración propia.

- **En función al estado de la vía**

El estado de la vía influye bastante en el recojo de información ante una vía en mal estado la vía no permite un correcto recojo de información precisa, ya que no se identifica con exactitud el carril o eje central de la vía

- Vía en mal estado: no permite ubicar de forma precisa el eje de la vía donde se recoge la información.
- Vía interrumpida: el fin del inventario es levantar la información de toda la vía, y cuando este se encuentra interrumpida por algún derrumbe u obstáculo, no permite el ingreso del vehículo donde están instalados los equipos y realizar el recojo de información.

- **En función al tipo de vía**

De acuerdo a los presupuestos, tipo de vías, sus condiciones generales, el detalle de características y elementos a relevar en las vías, el tipo de inventario vial, los fines en el que se empleará la información obtenida, aun se podría considerar el uso de los equipos alternativos GNSS/GPS Navegador y GNSS/GPS Submétrico.

De acuerdo a la calidad de información obtenida, tipo de vía, tipo de inventario; se propone el uso de los equipos del siguiente modo:

Tabla N° 59: Equipos adecuados según tipo de inventario vial.

| Red Vial | Prioridad | Inventario Vial Básico | Inventario Vial Calificado |
|-----------------|-----------|------------------------|----------------------------|
| Nacional | 1° | Mapeo Móvil Inercial | Mapeo Móvil Inercial |
| | 2° | GNSS/GPS Submétrico | - |
| Departamental | 1° | Mapeo Móvil Inercial | Mapeo Móvil Inercial |
| | 2° | GNSS/GPS Submétrico | - |
| Vecinal o Rural | 1° | Mapeo Móvil Inercial | Mapeo Móvil Inercial |
| | 2° | GNSS/GPS Submétrico | GNSS/GPS Submétrico |
| | 3° | **GNSS/GPS Navegador | - |

Fuente: Elaboración Propia.

**Por los costos resulta cómodo levantar información con el equipo GNSS/GPS Navegador, pero se debe tomar en cuenta que no brinda gran precisión en la ubicación de los elementos ya que el relevamiento de los inventarios viales es en modo cinemático con el uso de vehículos con el fin de levantar la información de varios Kilómetros de rutas. en menor tiempo y con calidad. Aparte para el uso de este equipo debe adherirse una antena externa en el vehículo que permita una mejor recepción de datos.

Resultando como el más preciso y adecuado el equipo de Mapeo móvil inercial al tiempo y costo de trabajo, el cual ha sido programado y ejecutado para el plazo de un día con cada equipo. A la vez el equipo de Mapeo móvil inercial brinda calidad y soporte en el manejo de la información a detalle, sin embargo, es un equipo que aún no es tan comercial como los equipos GNSS/GPS Submétrico o Navegador, resultando muchas veces poco accesible de conseguir, para el desarrollo de los proyectos, por ello actualmente se considera el uso de los equipos GNSS/GPS Submétrico y GNSS/GPS Navegador.

Se ha podido analizar y contrastar mediante el apoyo de los puntos obtenidos de modo estático y el uso como referencia de imágenes satelitales, así como interpretación estadística y matemática como la aplicación de la prueba no paramétrica de Wilcoxon obteniendo un resultado a favor de las hipótesis planteadas, para esto explicaremos como influyó nuestras variables en la investigación.

Variable Independiente:” Análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS”. Al ser una variable medible por los indicadores, se pudo obtener datos y resultados numéricos comparables y contrastados.

Indicadores:

- **Precisión:** Fue el indicador Principal dentro de la investigación, con el cuál se realizó la contrastación. Al medible se pudo obtener datos y resultados numéricos comparables y contrastados

- **Tiempo:** El tiempo fue fundamental, el trabajo arduo y la concentración en toma de datos como el caso de los equipos GNSS/GPS Submétrico y GNSS/GPS navegador, ya que el tiempo que se emplee en desarrollar la toma de datos es directamente proporcional al costo de los equipos y días de labores, sin el esfuerzo realizado por hacerlo en el menos tiempo posible de manera efectiva, no se hubiera podido considerar los 3 equipos.

- **Costos:** Los costos fue un indicador importante en el análisis, ya que el trabajo con cada equipo tiene un costo diferente, lo cual se debe analizar con el fin de verificar cual es el equipo conveniente para el desarrollo del proyecto gastos en campo y gabinete.

Variable Dependiente: “Calidad del Inventario vial de rutas vecinales de la Provincia de Cusco”. Al ser una variable no medible, los indicadores de la investigación son diferentes a los indicadores de la variable independiente los cuales si son medibles.

Indicadores:

- **Metodología:** Se cumplió con la normativa establecida por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones el cual tiene la competencia en la normatividad y supervisión de los inventarios viales, al existir protocolos para los inventarios viales deben ser cumplidos y no con una metodología propia, permitiendo de esta manera ceñirnos a estos protocolos para que la investigación tenga la conformidad de los resultados obtenidos.

- **Estado de Vía:** El estado de la vía es fundamental en la investigación, ya que, al ser un levantamiento de información en movimiento, mientras el estado no sea pésimo se logrará una mejor precisión, mucha diferencia es en las trochas donde nos aumenta significativamente el error.

Al haber contrastado satisfactoriamente la hipótesis, da la confirmado de haber conseguido los resultados esperados, pudiendo ser mejorados por las siguientes generaciones, a su vez pudiendo ser aplicados en otras áreas de estudio y ser ampliado el estudio para generar un estudio de pre factibilidad para el mejoramiento de vías a través de una estructuración de un inventario de vías como insumo principal para el diagnóstico en esta etapa donde entraría a tallar la investigación realizada sobre los inventarios viales, generado de esta manera conexión entre los diversos distritos para la mejora en las actividades económicas primarias y las consecuencias de la misma.

CAPÍTULO V : CONCLUSIONES.

- El propósito de esta investigación fue analizar y comparar el sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS Navegador y submétrico, de esta forma evaluar y determinar el sistema más preciso y adecuado para el inventario vial de rutas vecinales en la provincia de Cusco y de acuerdo con el análisis desarrollado, se ha determinado que el equipo de mapeo móvil inercial, es el más preciso y adecuado para el inventario de vías, ya que se observa menos pérdida de información en zonas de baja señal, ya que cuenta con un sensor de movimiento inercial y la precisión que le da el receptor GNSS/GPS amarrado a 2 constelaciones enlazado a la red geodésica y brinda una mejor calidad de información la cual puede ser usado con diferentes propósitos de evaluación en diagnósticos, debido a que integra la información de sus múltiples sensores dando como producto los videos georreferenciados, levantamiento a detalle de las rutas, visualización óptima de los componentes a nivel de sección vial. Los productos o datos obtenidos con estos equipos pueden ser integrados en sistemas de consulta en línea, cuya información puede ser usada en otros estudios o proyectos de desarrollo, obteniendo información actual y a detalle, usando nuevas tecnologías de transformación digital.

- Como se puede apreciar en el **CAPÍTULO IV**, en las gráficas comparativas obtenidas de los resultados mostrados en las tablas 33, 34, 35 y los análisis estadísticos. Se ha obtenido como valor de diferencia de distancia mínima con el equipo de mapeo móvil inercial de 0.20 m., un máximo de 1.42 m. y un valor promedio de 0.66 m del total de la muestra. En comparación, el equipo GNSS/GPS Submétrico que nos da un valor mínimo de 0.36 m, un valor máximo de 7.43 m. y un promedio de 1.73 m y finalmente el equipo GNSS/GPS Navegador un valor mínimo de 1.22 m., máximo 14.43 y un promedio de 4.28 m.

Tabla N° 60: Valores de distancia mínima

| | Mapeo móvil inercial | GNSS/GPS Submétrico | GNSS/GPS Navegador |
|-----------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Max. | 0.2 | 1.42 | 1.22 |
| Min. | 1.42 | 7.43 | 14.43 |
| Promedio | 0.66 | 1.73 | 4.28 |

Fuente: Elaboración Propia.

cómo se puede apreciar en los datos anteriores, en cuanto a los valores mínimos; la diferencia es pequeña en cuanto a los valores máximos, si existe diferencia en los equipos GNSS/GPS con el equipo de mapeo móvil inercial. Esto se da debido a la pérdida de señal de los equipos GNSS/GPS, al pasar por zonas con poca señal, también

hay que agregarle el error que se genera por el movimiento de los equipos y al no poseer un sistema de movimiento inercial, el estado de la vía, el operador. En cuanto al equipo GNSS/GPS Navegador, sabemos que trabaja en modo absoluto y no tiene o aplica el modo diferencial por lo que no puede enlazarse a la REGGEN. Se debe tener en cuenta que este trabajo es un inventario, más no un levantamiento geodésico o topográfico, por ende, es válida la información obtenida.

- Para realizar todo análisis se requiere de operaciones matemática y estadísticas con la información obtenida, entre los análisis de estadística desarrollados se procedió por la estadística descriptiva, posteriormente la estadística inferencial y prueba de hipótesis.

La estadística descriptiva nos permitió explicar a través de gráficos y operaciones básicas los valores máximos, mínimos y promedio de los datos obtenidos con cada equipo. Así como hallar el margen de error de los datos que se obtuvo con cada equipo, posteriormente con la estadística inferencial, ya habiendo identificado los tipos de variables a evaluar, se optó por la distribución no paramétrica Wilcoxon, para lo cual se tuvo que hacer un análisis estadístico previo para determinar cuál era el indicado, como el de la campana de Gauss, demostrado que la muestra no es una distribución normal, además de un test como es la de Kolmogórov-Smirnov, obteniendo un valor de 0.16, la cual al no ser mayor al estándar de 0.20 indicándonos, que estamos frente a una distribución no paramétrica, para lo cual al existir una prueba similar a la T de Student, pero para pruebas no paramétricas, se optó por la prueba de Wilcoxon la cual permitió comparar el rango medio de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas, de esta manera comprobando la negatividad de la hipótesis nula, afirmando la propuesta de hipótesis y de esta manera obteniendo el análisis más indicado para la evaluación de la precisión de los equipos de posicionamiento geográfico.

- Los errores y valores grandes se dan debido a la velocidad de relevamiento, estado de la vía, error humano y la pérdida de señal ya que se pasa por zonas montañosas, quebradas, elevaciones, los cuales son errores propios de los sistemas GNSS/GPS, en comparación al sistema de mapeo móvil inercial, el cual gracias a su sensor inercial permite seguir levantando información sin pérdida de señal, dando como resultado; valores más precisos, también este sistema tiene funciones complementarias como la de poder graficar y obtener información que no se pudo obtener in situ pero se puede obtener con el software mediante la simulación del recorrido tomado medidas de los componentes de la vía.

- A partir de los datos analizados en campo y gabinete; para un promedio aproximado de 60.00 Km de rutas y el desplazamiento entre rutas del vehículo con los equipos y personal que corresponden a 61 Km. donde la recolección de información de campo, se desarrolló en un día con el equipo de mapeo móvil inercial y otro día con los equipos GNSS/GPS. En cuestión de tiempo resulta, más adecuado el equipo de mapeo móvil inercial, con el cual en la fase de campo se empleó un total de 4 horas con 57 min, frente a los equipos GNSS/GPS Submétrico y navegador: con los cuales se trabajó el mismo kilometraje en un tiempo total de 8 horas con 48 min y añadiendo al día de trabajo el tiempo de desplazamientos entre rutas que es un aproximado de 1 hora con 29 min. En fase gabinete con la misma cantidad de personal para cada equipo de trabajo, los datos obtenidos con el equipo de mapeo móvil inercial se lograron post procesar y trabajarlos en un tiempo de 8 horas con 13 min (1 día), para el GNSS/GPS Submétrico 13 horas con 18 min. (2 días) y con el equipo GNSS/GPS Navegador 16 horas con 49 min 1 (2 días). Además, cabe mencionar que hay un tiempo de uso no efectivo al momento de realizar la descarga de datos en gabinete.

- La muestra trabajada fue de un aproximado de 60 km, donde la recolección de información de campo, se desarrolló en un día con el equipo de mapeo móvil inercial y otro con los equipos GNSS/GPS, para el trabajo en gabinete se desarrolló con 2 personas, en 1 día, con la información obtenida con cada equipo, por lo tanto, en cuestión de costos empleados en fase de campo y gabinete; analizando los costos totales por día; resulta más adecuado el trabajar con el equipo de mapeo móvil inercial; con el cual se empleó S/. 1155.00 en fase campo y S/ 198.00 en fase gabinete; haciendo un total de S/. 1353.00. En comparación con el equipo GNSS/GPS Submétrico con lo cual se empleó S/. 990.00 en fase campo y S/ 396.00 en fase gabinete; resultando un total de S/. 1386.00 y finalmente el equipo GNSS/GPS Navegador con lo cual se empleó S/. 808.00 en fase campo y S/ 396.00 en fase gabinete; haciendo un total de S/. 1204.50. Los costos hallados son en función al tiempo de trabajo y la cantidad de personal empleado en el trabajo con cada equipo, lo cual involucra el acondicionamiento de la información. El análisis de costos unitarios es por unidad y por día, no por hora con lo cual ya estaría incluido los costos generales tanto en tiempo efectivo como en tiempo sin uso.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.

- El mundo está sujeto a cambios constante, con tendencias de tecnología digital, con exigencias a trabajar de la mano de la tecnología, con el fin realizar trabajos en menor tiempo, a menor costo y de calidad, cuya información puede ser usada con fines múltiples. Actualmente el MTC en sus reglamentos de inventario vial trabaja con los equipos GNSS/GPS, pero en otros países existe la aplicación de las tecnologías de mapeo móvil inercial, resultando óptimo para los análisis posteriores al inventario, logrando la captura de datos en menor tiempo frente a desastres, etc. permitiendo desarrollar un mejor diagnóstico y análisis de las interacciones físicas, sociales, económicas, etc. de las vías proponiendo así proyectos de movilidad urbana, como el desarrollo de planes viales, planificación de desarrollo rural y urbano, conservación de carreteras flujos de conexiones para la comercialización de las provincias y ciudades.

- Al igual que los equipos GNSS/GPS, se viene también acompañando de nuevas herramientas como colectores de datos en pantalla grande y en configurar el registro de más datos que uno va encontrando en el camino con el fin de inventariar todos las características y observaciones de la vía, También trabajar de la mano con complementados como softwares y equipos modernos que nos permitirán obtener y coleccionar datos en tiempo real, lo cual disminuirá el tiempo de trabajo en gabinete para poder utilizarlo en la parte esencial de toda investigación de campo que es el trabajo de obtención de información en campo, tales como: Arcgis Collector, Arcgis Survey 123, equipos GNSS/GPS submétricos y navegadores de última generación, además del equipo de mapeo móvil inercial, el cual todavía vienen siendo la tecnología más actual en su modelo. Toda toma de datos de ubicación debe ser trianguladas y corregidas, teniendo una mejor precisión de los datos.

- Si bien los valores de inventario vial, tienen un margen de error permitido, en lo posible uno debe trabajar con los equipos adecuados y así obtener información de calidad, evitando datos con errores no permitidos teniendo que volver a campo a realizar nuevamente la toma de datos. Para la elección de equipos siempre se hace un análisis a detalle que permita obtener los tiempos y costos por unidad ya sea por kilómetro de ruta o por día de trabajo, también de acuerdo al nivel de detalle o el ámbito de intervención.

- Todo estudio o análisis debe estar acompañado de comprobación estadística y verificar si la información obtenida cumple con las exigencias de los estudios. Hoy en día existen varios softwares que facilitan este tipo de análisis como el SPSS, Minitab y lenguajes de programación como es el lenguaje para Geoestadística R, para complementar y fortalecer los estudios, mientras se utilicen más metodologías, mejores resultados de análisis se podrán dar, fortaleciendo la comprobación de la hipótesis, fin de toda investigación.

- Los costos de todo proyecto están ligado a los tiempos de trabajo, la cantidad de días de trabajo a programar, donde incluye costos por personal calificado, viáticos, logística, acceso a los equipos del mercado nacional o internacional, etc. De acuerdo a los datos a levantar, con calidad; conviene realizar inversión en nuevos sistemas o tecnologías, que para el caso de los inventarios viales a grandes longitudes de rutas resulta menos tiempo de trabajo y por lo tanto menor costo. Actualmente se vive con los dilemas de la salud por la pandemia, por lo cual se recomienda los nuevos modos de trabajo home office, para lo cual también se requiere que se obtenga información de calidad en menor tiempo y con poco personal expuesto.

- Para el desarrollo de los proyectos o estudios se debe realizar o estar en capacitaciones constante con el personal, que nos acompañará al trabajo sobre estas nuevas tecnologías, ya que al ser nuevas en el mercado no existe dominio total en ellas, de esta manera generará menos error humano que también influye en la precisión de la toma de datos, con la finalidad de tener una comunicación constante para el desarrollo del proyecto y retroalimentar los conocimientos e informar los inconvenientes presentados con el fin de dar solución a tiempo para brindar productos de calidad profesional, además de equipos de laptop y servidores más modernos para que puedan ser entrelazados para un trabajo en tiempo real, generando menor tiempo y menores costos por día laborable.

CAPÍTULO VII : REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Angrisano, A. Petovello, M. & Pugliano, G. (2012). Benefits of Combined GPS/GLONASS with Low-Cost MEMS IMUs for Vehicular Urban Navigation. *Sensors*, 12, p. 2, doi:10.3390/s120405134 Recuperado de <https://www.mdpi.com/1424-8220/12/4/5134/htm>

Arcos, A. (2013, abril 17). Cómo construir un diagrama de Caja 5 puntos o BoxPlot con Excel Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=1X5MVG_4X_w

Arias, F. G. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición. Episteme.

Bello, L. (2013, febrero 13). Cálculo Kolmogorov Excel Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Gh5TdxlCV6s>

Benavides R., De La Cruz D., (2012). Inventario De La Red Vial Terciaria Nacional Del Corregimiento De San Fernando Municipio De Pasto Departamento De Nariño.

Cai, C. y Gao, Y. (2009). Un algoritmo combinado de navegación GPS / GLONASS para usar con visibilidad satelital limitada. *The Journal of Navegación*, 62 (4), 671-685.

Castro, V. [Microsoft Excel a Todo Nivel]. (2016, diciembre 8). Como hacer una campana de Gauss en Excel | Tips y Trucos de Excel. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=YiFRga52aos&t=200s>

Carrasco Díaz, S., (2013). Metodología de la Investigación. Editorial San Marcos, Perú.

Decreto Supremo N° 034-2008-MTC2008. Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial.

Desthieux, M. Rouveix, D. Raillat, P. Mezzelani, G. (octubre, 2016). Inventario vial urbano e interurbano empleando un sistema portátil de alto rendimiento. *XVII Congreso Argentino de vialidad y tránsito*, p.6 Rosario, Argentina. Recuperado de <http://congresodevialidad.org.ar/congreso2016/TRA/TRA-221.pdf>

El peruano. (2018,9 de mayo). 91.3% de la Red Vial Nacional estará pavimentada en el 2021 Recuperado de <https://elperuano.pe/noticia-913-de-red-vial-nacional-estara-pavimentada-el-2021-66214.aspx>

Fernández Díaz, J. C. (2007). Scientific Applications of the Mobile Terrestrial Laser Scanner System. Universidad de Florida.

Gamboa, J. M. M. (2006). Fundamentos para cartografía náutica. J.M. Millán G.[2009].

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.

Hewitson, S. y Wang, J. (2010). Monitorización de integridad autónoma del receptor extendida (e raim) para la integración de gnss / ins. Journal of Surveying Engineering, 136 (1), 13-22.

Huillca, L. (2014). *Propuesta - Manual de inventario vial básico georeferenciado para entidades públicas y privadas* (Tesis de Pre grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/14559/1/huillca_cl.pdf

Humberto Omar Rojas Ugaz Piura, (2012) Ejecución del Inventario Vial Georeferenciado de Piura y Propuesta de Optimización de Metodologías Existentes.

Julián Rivera (5 de diciembre de 2015) “La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país”.

Lawrence B. (2016). Global Positioning System (GPS) Book Recuperado de <https://www.althosbooks.com/intoglpasyg.html>

Ministerio de Transporte y comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, (2013). Situación de las redes viales del SINAC p.16.

Ministerio de Transporte y comunicaciones. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2014). Manual De Carreteras Diseño Geométrico (pp. 12-14).

Ministerio de Transporte y comunicaciones. Oficina General de Planeamiento y Presupuesto (Julio 2019). Boletín Estadístico 2019 - I (pp 19 – 22).

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Visión De Desarrollo De La Infraestructura Vial Recuperado de <http://www.cip.org.pe/publicaciones/2018/vision-de-desarrollo-de-la-infraestructura-vial.pdf>

P. Álvarez, F. López-Rodríguez, J. L. Canito, F. J. Moral & A. Camacho. "Development of a measure model for optimal planning of maintenance and improvement of roads". Computers & Industrial Engineering, Vol. 52, Issue 3, pp. 327-335, April 2007.

Petrie, G. (2010). Mobile Mapping Systems: An Introduction to the Technology Geoinformatics, Geoinformatics, pp13, 32–43.

Porras, H., Sanabria, D. Y & Ortiz, J. (2018). Tendencia mundial en tecnologías de sistemas de mapeo móvil implementadas con láser. *Avances: Investigación en ingeniería*, 15 (1), p. 209. doi.org/10.18041/1794-4953/Avances.15.xx. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/329985237_Tendencia_mundial_en_tecnologias_de_sistemas_de_mapeo_movil_implementadas_con_laser/link/5c27672d458515a4c7ffb207/download

Rojas, H. (2012). *Ejecución del inventario vial georeferenciado de Piura y propuesta de optimización de metodologías* Existentes. (Tesis de Maestría). Universidad de Piura. Lima, Perú. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1645>

Rosales, M. (2016). *Gestión de infraestructura vial en la red departamental de la región Piura-2012* (Tesis de Maestría). Universidad de Piura. Lima, Perú. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2864/MAS_ICIVL_038.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Ryan, S., Petovello, M. y Lachapelle, G. (1998, enero). Aumento de GPS para la navegación de buques en vías navegables restringidas. En Procedimientos del Instituto Nacional de Reuniones Técnicas de Navegación (pp. 459-468). Instituto De Navegación.

Saurabh Godha, (2006), Evaluación de desempeño de bajo costo basado en MEMSIMU integrada con GPS para navegación de vehículos terrestres Solicitud p. 6

Talaya, J., Bosch, E., Alamús, R., Serra, A., & Baron, A. (2000). "GEOVAN: The Mobile Mapping System from the ICC". pp, 1–7 Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/228989524_GEOVAN_the_mobile_mapping_system_from_the_ICC

Tao, C. V. (2000). Mobile mapping technology for road network data acquisition, *Journal of Geospatial Engineering*, pp. 2, 2, 1–14.

Varela, F. Martínez, G. Varela, J. Díaz, D., (2012). Los sistemas de información geográfica en el análisis de la siniestralidad en carretera. Estudio particular para la provincia de la coruña. Recuperado de http://tig.age-geografia.es/docs/XII_3/133%20-%20Valera%20Garcia.pdf

Vela, L. [El Tío Tech]. (2017, junio 22). Como hacer un histograma de frecuencias en Excel. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=Wnd_BFBZLZU&t=100s

Zapata Duque, J. A., & Cardona Londoño, G. J. (2012). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para la gestión de la malla vial de la ciudad de Medellín. *Ingenierías USBMed*, 3(2), p7. Recuperado de <https://doi.org/10.21500/20275846.277>

ANEXOS.

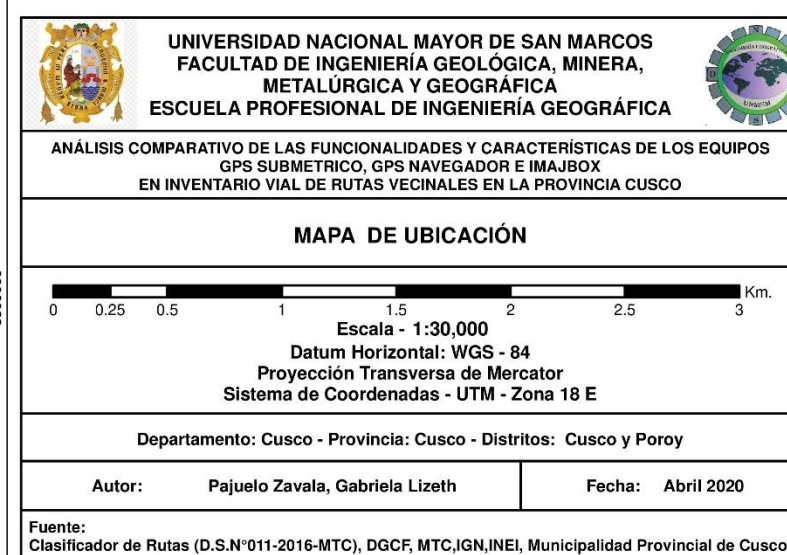
Anexo N° 1: Matriz de consistencia.

| Problemas de la Investigación | Objetivos de la Investigación | Antecedentes Relevantes | Formulación de Hipótesis | Variables | Metodología |
|--|---|--|---|--|--|
| <p><u>Problema General</u></p> <p>¿Un adecuado análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, permitirá determinar el sistema más preciso a utilizar en el inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco?</p> | <p><u>Objetivo General</u></p> <p>Analizar y comparar el sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS para determinar el sistema más preciso y adecuado para inventario el vial de rutas vecinales en la provincia de Cusco.</p> | <p>La infraestructura vial se constituye en un conjunto de activos públicos que influyen en las decisiones de producción, en el consumo de las empresas y de los hogares y en la mejora de la calidad de vida de la población desarrollándola de manera sostenida. Las actividades privadas en las regiones de un país no progresarían adecuadamente si la infraestructura vial no fuera provista de manera eficiente. (Rosales, 2016, p. 9).</p> <p>Como parte fundamental de todo proceso de Gestión Vial se encuentra el inventario de la red vial o de proyecto a analizar. Definiéndose a este como el proceso metodológico que permite, identificar todos los caminos que componen una red, y conocer el estado de condición de cada uno de ellos y de su medio. Existen muchas metodologías para la realización de inventarios viales que finalmente definen valores o índices del estado del pavimento para la ejecución del mantenimiento vial. (Huillca, 2014, p. 8).</p> <p>Según menciona Rojas (2012) Los datos del inventario incluyen información como: “características físicas, geometría de la vía, identificadores de ubicación referencial, clasificación funcional, jurisdicción, espesores y materiales de construcción, tipos de superficie, e historia de mantenimientos, la información del tráfico, volumen y la clasificación vehicular”. (p. 15).</p> <p>El análisis de los estudios viales como menciona Varela, Martínez, Varela y Díaz (2012): “Incluye indicadores, tablas y mapas temáticos, demuestra la potencialidad de las nuevas tecnologías de la información, y concretamente de los [Sistemas de Información Geográfica] (SIG)”. (p.1).</p> | <p><u>Hipótesis General</u></p> <p>El análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS, permitirá determinar cuál es el sistema de posicionamiento más preciso y adecuado para inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco.</p> | <p><u>Variable Independiente:</u></p> <p>Análisis comparativo del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Precisión.- Tiempo.- Costos. | <p>Esta investigación es del tipo Aplicada, pues tiene un propósito práctico y bien definido contando con el aporte de fundamentos técnicos y científicos de la cartografía, geodesia, topografía, ingeniería vial y transporte, con el objetivo de analizar y comparar los equipos GNSS/GPS y el sistema de mapeo móvil inercial y determinar el sistema más preciso y adecuado para inventario el vial de rutas</p> <p>De nivel explicativo o causal pues, en esta tesis explicamos y demostramos las diferencias de precisión entre el sistema de mapeo móvil inercial y los sistemas GNSS/GPS, además de plantear una solución empleando nuevas tecnologías de posicionamiento para el inventario de las vías de las rutas vecinales del Cusco.</p> <p>A su vez es de diseño no experimental porque no se han manipulado deliberadamente la variable independiente, sin embargo, se han analizado los aspectos técnicos referidos a la accesibilidad y eficacia de los sistemas de posicionamiento.</p> |
| <p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>a. ¿Cuál es el equipo de posicionamiento geográfico con la mayor precisión, para utilizarlo en el inventario vial de las rutas vecinales?</p> <p>b. ¿Qué tipo de análisis debo emplear en la evaluación de la precisión de los equipos de posicionamiento geográfico en el inventario vial?</p> <p>c. ¿Cuál es el equipo de posicionamiento geográfico más adecuado en metodología de trabajo, costo, tiempo, para el inventario vial de rutas vecinales de la Provincia de Cusco?</p> | <p><u>Objetivos específicos</u></p> <p>a. Determinar cuál es el equipo de posicionamiento geográfico con la mayor precisión, para utilizarlo en el inventario vial de las rutas vecinales.</p> <p>b. Elaborar y ejecutar un adecuado método de análisis estadístico para la evaluación de la precisión de los equipos de posicionamiento geográfico.</p> <p>c. Identificar cuál es el equipo más adecuado en metodología de trabajo, costo, tiempo, para el inventario vial de las rutas vecinales en la Provincia de Cusco.</p> | <p>Todos estos factores pueden ser caracterizados, analizados e integrados espacialmente a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta herramienta de alto poder de análisis, interpretación y visualización, que emplea tecnología de avanzada mediante hardware y software especializados, permite integrar datos alfanuméricos con la información geográfica. (Zapata, Cardona, 2012, p.71).</p> <p>Inicialmente, la forma de realizar inventarios viales se basaba en inspecciones visuales en campo, ejecutadas por una comisión de especialistas encargada de diligenciar formularios y mapear manualmente los elementos viales durante el recorrido en carretera, procedimiento que se caracterizaba por ser lento, extenuante e impreciso. Por lo anterior, se han venido desarrollando sistemas automáticos móviles que captan el entorno y hacen mediciones sobre la superficie de la tierra de forma rápida, precisa y rentable (Talaya, Bosch, Alamús, Serra, & Baron, 2000).</p> <p>Recientes colaboraciones con los departamentos y municipios en Francia han evidenciado el interés que despierta en ellos el hecho de disponer de herramientas innovadoras y poco onerosas para administrar mejor sus redes viales...De esta manera, el principio de relevamiento de imágenes panorámicas geo posicionadas de gran rendimiento aporta una respuesta adaptada a las necesidades de los profesionales para la gestión y explotación de sus redes viales. Se trata de la solución de Video y Mapeo Móvil, la cual está compuesta de un equipo de relevamiento de campo fácilmente montado en cualquier vehículo liviano. (Desthieux, Rouveix, Railat & Mezzelani, 2016, p. 6).</p> <p>Los entornos urbanos son ubicaciones críticas para los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS). En tales entornos, los edificios bloquean muchas de las señales, reduciendo así la disponibilidad de satélites y debilitando la geometría de observación, siendo el caso extremo la falta de disponibilidad de la solución. Los edificios también pueden reflejar señales, causando fenómenos de trayectos múltiples que introducen los mayores errores de medición en estas áreas. (Angrisano, Petovello. & Pugliano, 2012, p. 2).</p> <p>Los MMS se componen de diferentes sensores para proporcionar cantidades geométricas (GPS, IMU y LiDAR). Sin embargo. El nombre cambió a Tecnología de Mapeo Móvil (MMTf por su sigla en inglés), pues ha venido aumentando la complejidad de los MMS, debido a la relación con el avance tecnológico, el diseño y la optimización de los flujos en las etapas de captación y el procesamiento que existe en estos sistemas. (Porrás, Sanabria & Ortiz, 2018, p. 209).</p> <p>La integración de sistema satelital de navegación global (GNSS) con sistema de navegación inercial (INS) se ha investigado muy activamente durante muchos años debido a la naturaleza complementaria de los dos sistemas. En entornos GNSS desafiantes como cañones urbanos y bajo follaje, el objetivo del INS es proporcionar una solución de navegación durante las interrupciones del GPS. Además, la integración de GNSS con un sistema de navegación inercial puede ofrecer sistemas más robustos y confiables que cualquiera de los sistemas individuales. (Hewitson & Wang como cita en Angrisano, Petovello. & Pugliano, 2012, p. 2).</p> <p>Por último, Angrisano, Petovello. & Pugliano (2012) manifiestan: “Sin embargo, el rendimiento del INS depende en gran medida de la calidad (y, por lo tanto, del costo) de los sensores inerciales utilizados, con sensores de mayor calidad que producen los mejores resultados” (p. 2).</p> | <p><u>Hipótesis Específicas</u></p> <p>a. El equipo de mapeo móvil inercial Imajbox es el de mayor precisión en comparación a los equipos GNSS/GPS, para ser utilizarlo en el inventario vial de las rutas vecinales.</p> <p>a. Un adecuado análisis estadístico permitirá determinar los niveles de precisión de del sistema de mapeo móvil inercial y los equipos GNSS/GPS.</p> <p>b. El equipo de mapeo móvil inercial es el más adecuado en metodología de trabajo, costo, tiempo, para efectuar el inventario vial en las rutas vecinales de la provincia de Cusco.</p> | <p><u>Variable Dependiente:</u></p> <p>Calidad del Inventario vial de rutas vecinales de la Provincia de Cusco.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Metodología.- Estado de Vía. | <p>A la vez es transversal explicativa-causal, porque se han realizado trabajos de campo en un momento determinado del tiempo. Esto se efectúa con el propósito de describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.</p> <p>Esta tesis utiliza un método cuantitativo porque es continuo y basado en evidencias, definiéndose fase y etapas de trabajo y se comienza definiendo el concepto, una vez definido, traza los objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y establece un marco teórico. A través del problema se propone una hipótesis y se determinan las variables; se elabora un plan de trabajo para probar esta hipótesis, las variables se miden en un contexto dado; empleando métodos estadísticos, geodesia, ingeniería vial, tecnología de análisis de resultados de las mediciones obtenidas y finalmente se extrae las conclusiones.</p> <p>Se utilizarán 3 equipos de los cuáles presentan una precisión y metodología de trabajo distinta, mientras el vehículo se encuentra en movimiento se procederá a la toma de los puntos respectivos para luego ser procesados y corregidos de manera idónea para posteriormente ser comparados. Se realizará el recorrido con el vehículo por una parte de los distritos de la provincia de Cusco.</p> <p>Se realizará una fase de gabinete para poder definir las rutas a realizar y el ajuste de los equipos, además de preparar los equipos para que se encuentren aptos para el proceso de toma de datos.</p> <p>Se necesitará un chofer y vehículo para realizar todos los recorridos, además de personal de apoyo, ya, para la toma de datos con los equipos GNSS/GPS (navegador y Submétrico) se requiere de un personal que este en constante toma de datos y un asistente de apoyo aparte del chofer. En cambio, la toma de datos con el equipo de mapeo móvil inercial, solo se requerirá la programación inicial de cada ruta, y el correcto manejo en cuanto a las velocidades de relevamiento.</p> <p>Posteriormente se va a revisar y procesar la información obtenida además de corregir los errores correspondientes en cada equipo. E informar los inconvenientes y soluciones dados en el trabajo de toma de datos. Finalmente se dará los resultados e interpretaciones finales mediante la comparación de datos entre los equipos y luego la comparación con otras investigaciones, que viene a ser la contrastación de los resultados</p> |

Fuente: Elaboración Propia.

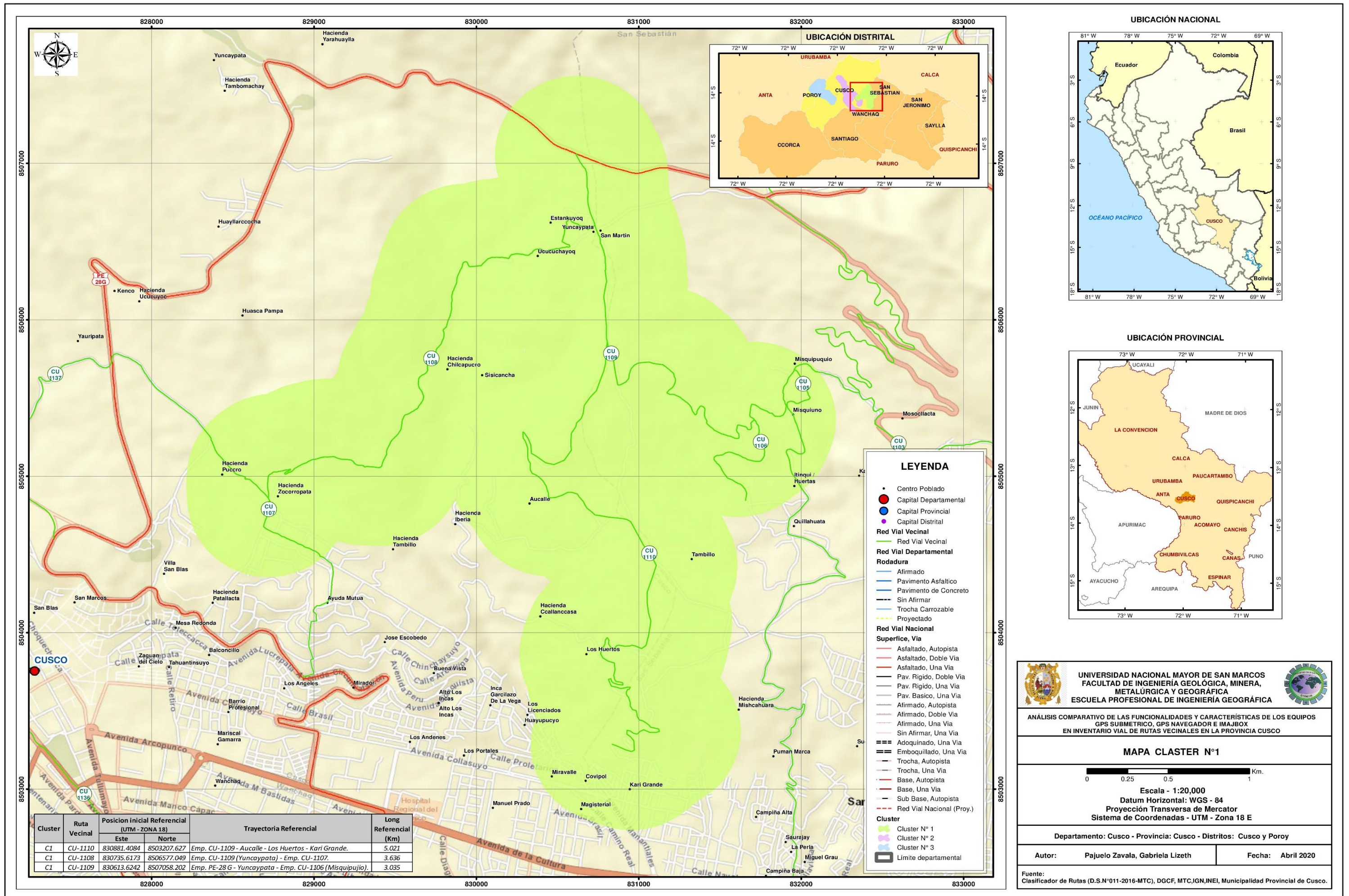


| Cluster | Ruta Vecinal | Posicion Inicial Referencial | | Trayectoria Referencial | Long Referencial | Orden |
|---------|--------------|------------------------------|-------------|--|------------------|-----------|
| | | Este | Norte | | | |
| C1 | CU-1110 | 830881.4084 | 8503207.627 | Emp. CU-1109 - Aucalle - Los Huertos - Kari Grande. | 5.021 | 1 Inversa |
| C1 | CU-1108 | 830735.6173 | 8506577.049 | Emp. CU-1109 (Yuncaypata) - Emp. CU-1107. | 3.636 | 2 |
| C1 | CU-1109 | 830613.6242 | 8507058.202 | Emp. PE-28 G - Yuncaypata - Emp. CU-1106 (Misquipujio). | 3.035 | 3 |
| C2 | CU-1107 | 828937.474 | 8503716.881 | Emp. PE-28 G - Emp. PE-28 G. | 3.002 | 0 |
| C2 | CU-1136 | 827894.6198 | 8502531.046 | Emp. PE-35 - Emp. CU-1137. | 3.340 | 1 |
| C2 | CU-1137 | 827394.5364 | 8504613.727 | Emp. PE-28 G - Emp. PE-28 G. | 4.747 | 2 |
| C2 | CU-1138 | 826983.4018 | 8505411.373 | Emp. CU-1137 - Fortaleza - Chacan - Salcantay - Catamarca. | 6.692 | 3 |
| C3 | CU-1142 | 824041.8386 | 8504840.53 | Emp. PE-35 - Emp. CU-1143. | 7.116 | 1 Inversa |
| C3 | CU-1147 | 820353.047 | 8506111.337 | Emp. PE-35 - Tica Huerta - Emp. CU-1141. | 2.454 | 2 |
| C3 | CU-1146 | 821079.9032 | 8506723.963 | Emp. CU-1141 - Emp. CU-1140. | 2.444 | 3 |
| C3 | CU-1141 | 822305.0612 | 8507989.452 | Emp. CU-1140 - Huarhaya - Emp. CU-1142. | 4.791 | 4 |
| C3 | CU-1144 | 821547.492 | 8506313.942 | Emp. CU-1141 - Pta. Carretera. | 2.114 | 5 |
| C3 | CU-1145 | 821082.3699 | 8506715.216 | Emp. CU-1143 - Emp. CU-1141. | 2.777 | 6 Inversa |
| C3 | CU-1143 | 820385.6408 | 8506103.104 | Emp. PE-35 - Huampar - Chinchaysuyo - Emp. PE-35. | 3.476 | 7 |
| C3 | CU-1257 | 822901.1513 | 8505255.832 | Emp. PE-35 - Huambar - Emp. PE-35 | 3.637 | 8 |

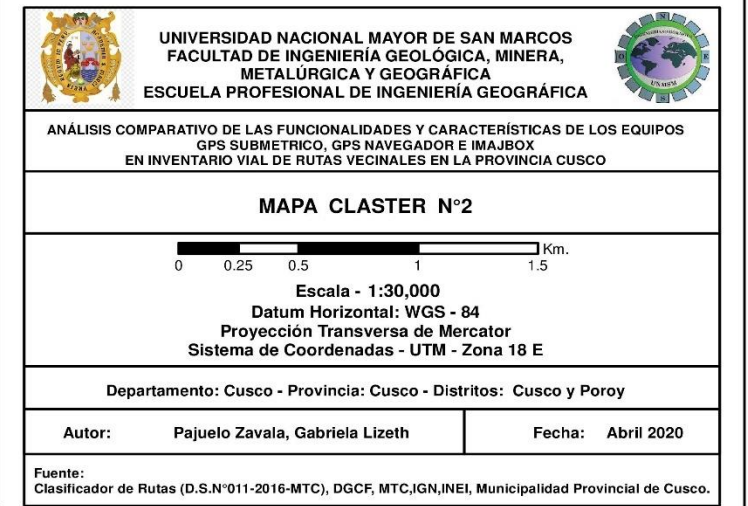
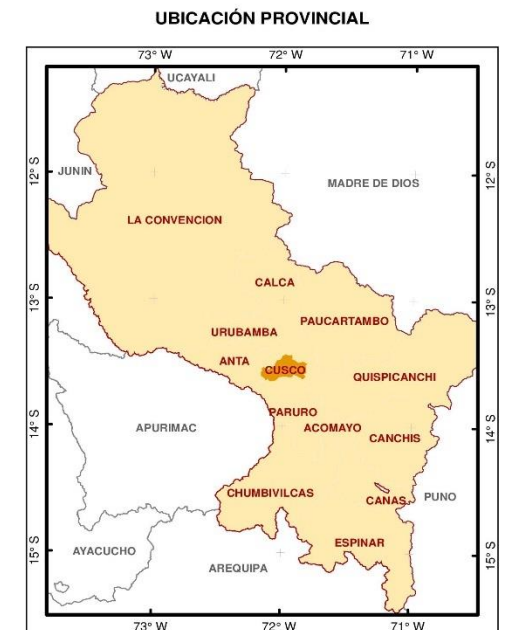
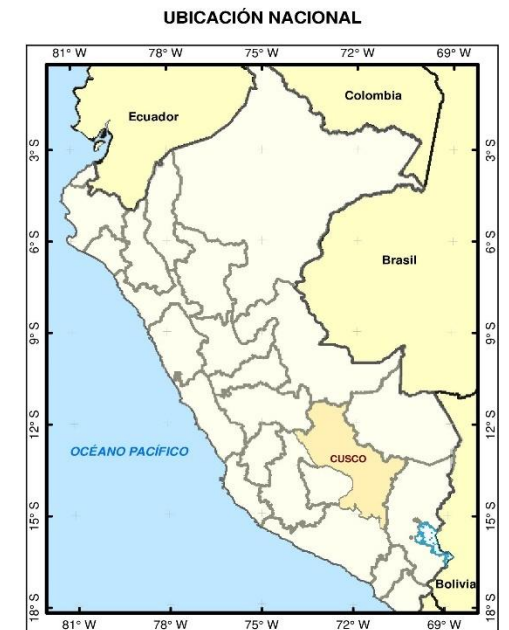
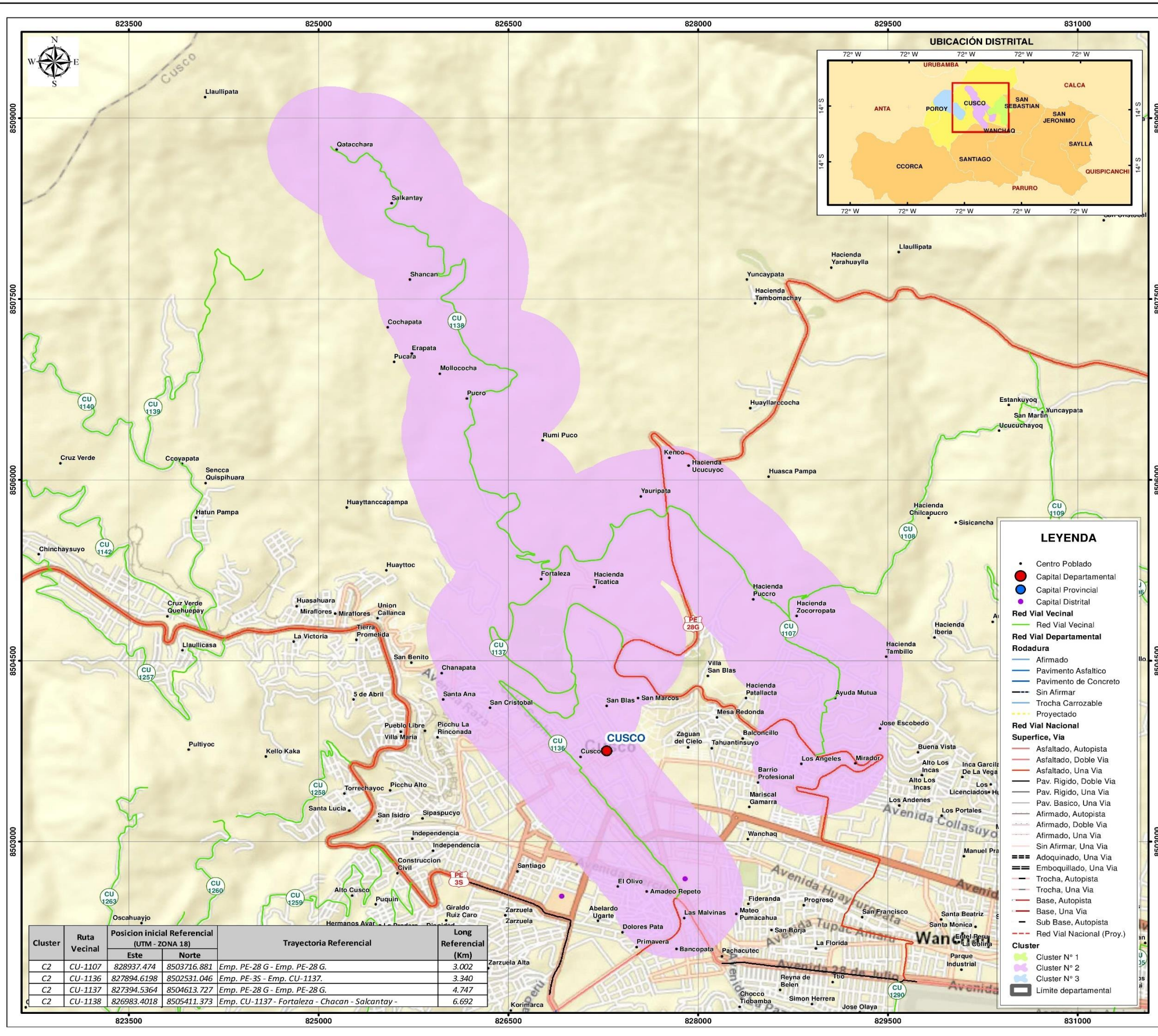




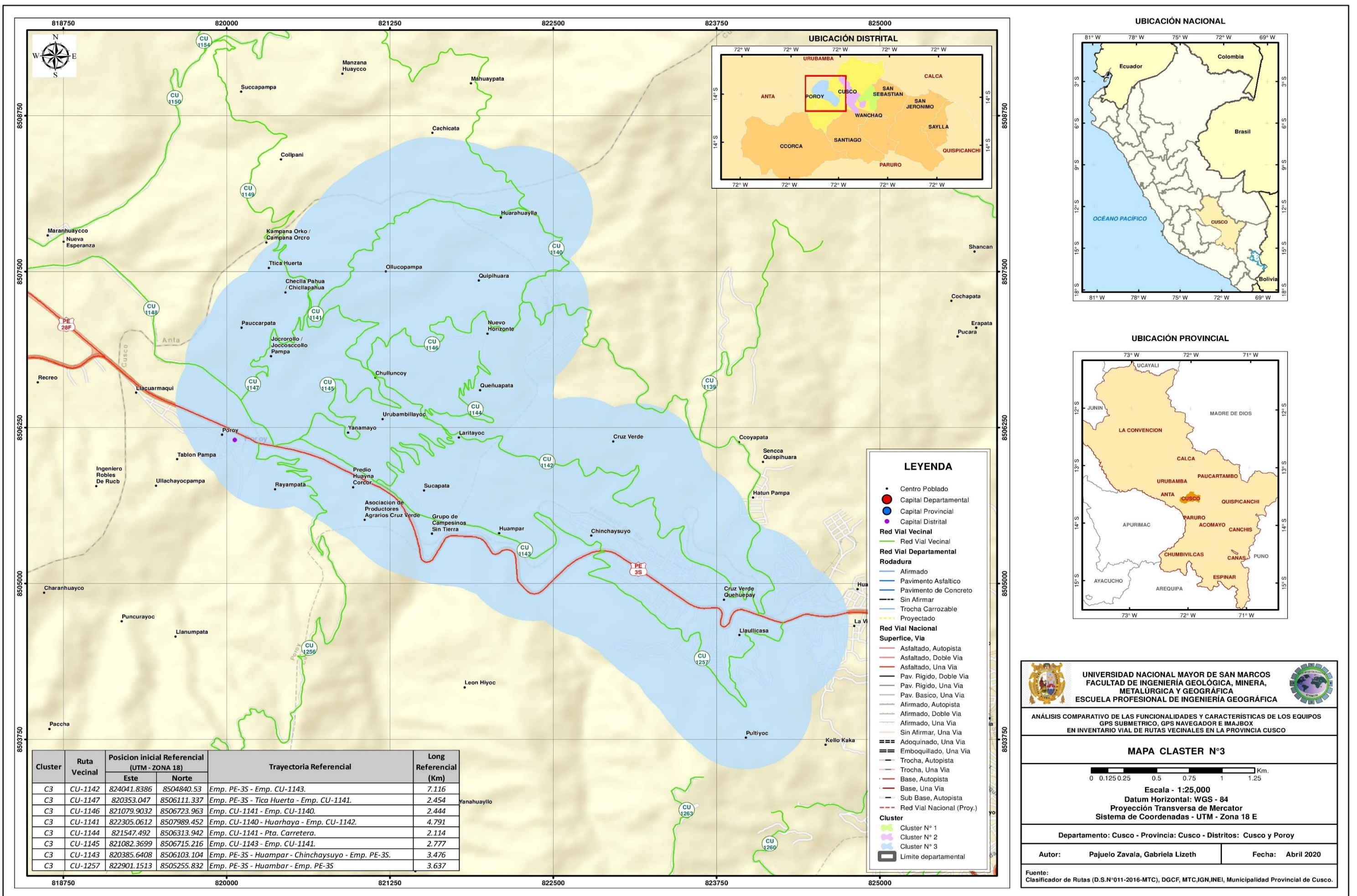
Anexo N° 4: Clúster N° 1 (Formato A3).



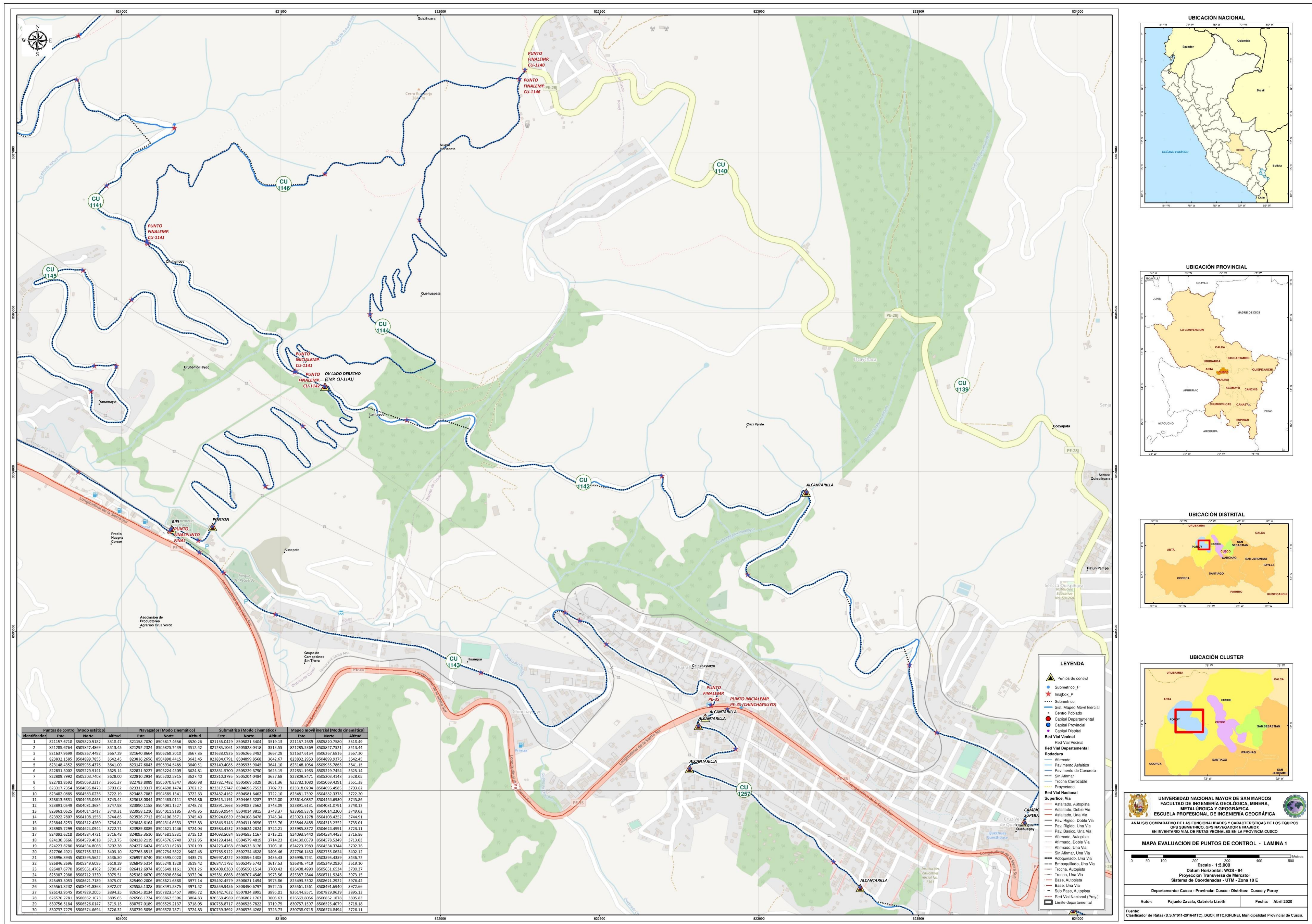
Anexo N° 5: Clúster N° 2 (Formato A3).



Anexo N° 6: Clúster N° 3 (Formato A3).



Anexo N° 7: Mapa Evaluación de Puntos de Control – Lámina 01. Formato A1).



Anexo N° 8: Mapa Evaluación de Puntos de Control – Lámina 02. Formato A1).

